

**Gefahren, Komplikationen
und Spätschäden bei Angiographie
der Bauchaorta und der Beinarterien**

**Kritische Sichtung und Auswertung des Krankengutes
der Chirurgischen Poliklinik der Universität München
an Hand der klinischen und pathologischen Unterla-
gen unter Berücksichtigung des Weltschrifttums.**

Erika Blaß

1961

**Gefahren, Komplikationen
und Spätschäden bei Angiographie
der Bauchaorta und der Beinarterien**

**Kritische Sichtung und Auswertung des Krankengutes
der Chirurgischen Poliklinik der Universität München
an Hand der klinischen und pathologischen Unterla-
gen unter Berücksichtigung des Weltschrifttums.**

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin
verfaßt und
einer Hohen Medizinischen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von
Erika Bläß
aus Herne/Westfalen

München 1961

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Berichterstatter:	Privatdozent Dr. C. O. NETZER
Mitberichterstatter:	Professor Dr. H. BRONNER
Dekan:	Professor Dr. Dr. H. EYER

Tag der mündlichen Prüfung: 21. II. 1961



MEINEN ELTERN

IN DANKBARKEIT GEWIDMET

INHALTSVERZEICHNIS

Seite

Einführende Kapitel

I. Abgrenzung der Begriffe "Arteriographie - Aortographie"	7
--	---

II. Übersicht über das Krankengut der Chirurgischen Poliklinik der Universität München und über die gesammelten Fälle aus dem Schrifttum	7
--	---

III. Eine kritische Betrachtung der verwendeten Kontrastmittel	11
--	----

A. Zwischenfälle, verursacht durch die Auswirkungen der Kontrastmittel	12
--	----

I. Gefahren durch allgemeine allergische Reaktionen bei der Aortographie und Arteriographie	12
---	----

II. Durch Kontrastmittel hervorgerufene örtliche Zwischenfälle bei der Arteriographie wie die Auslösung von Kapillarlähmungen oder von Gefäßspasmen mit nachfolgender Gefäßobliteration	20
---	----

III. Durch Kontrastmittel hervorgerufene örtliche Zwischenfälle bei der Aortographie	27
--	----

1. Vergrößerung bereits vorhandener Aortenthromben	27
---	----

2. Thrombosierung von Aortenästen ohne technische Fehler	29
--	----

3. Schädigung parenchymatöser Organe	34
--	----

4. Schädigung des Rückenmarkes	42
--------------------------------------	----

B. Komplikationen, hervorgerufen durch technische Mängel bei der Aortographie und Arteriographie	45
--	----

I. Gefahren durch die sowohl zur Aortographie als auch zur Arteriographie notwendige Betäubung	45
II. Zwischenfälle durch technische Mängel bei der Aortographie	47
1. paravasale Injektionen ins periaortale Gewebe	47
2. intramurale Kontrastmittelinjektionen	48
3. Fehlinjektionen in Aortenäste	49
4. Lösung arteriosklerotischer Wandverhärtungen oder vorhandener Thromben	55
5. retroperitoneale Blutungen nach der Punktion	59
6. seltene Zwischenfälle	60
III. Komplikationen durch technische Mängel bei der Arteriographie	61
1. Paravasate	61
2. Blutungen aus der Punktionsöffnung	61
3. Seltene Komplikationen	62
C. Komplizierter Verlauf von Aortographien und Arteriographien, verursacht durch den reduzierten Allgemeinzustand der untersuchten Patienten	63
D. Zusammenfassung	64
Schrifttum	66

Die röntgenologische Darstellung der Gefässe beim Menschen durch Injektion eines schattengebenden Kontrastmittels gehört heute zu den gebräuchlichen diagnostischen Eingriffen. Auf solche Weise gewonnene Erkenntnisse über die morphologischen und hämodynamischen Verhältnisse im Gefässsystem können in ihrer Genauigkeit durch keine andere Untersuchungsmethode ersetzt werden und sind deshalb eine notwendige Voraussetzung für die gezielte Behandlung vieler Gefässerkrankungen. Inzwischen ist die von DOS SANTOS bereits 1927 angegebene Technik der Gefässfüllung auf Grund langjähriger Erfahrungen in vieler Hinsicht verbessert worden, doch haften der Angiographie noch immer gewisse Gefahren an, um deren endgültige Ausschaltung man sich ständig bemüht.

I. Abgrenzung der Begriffe "Arteriographie - Aortographie"

Die folgenden Ausführungen sollen sich ausschliesslich mit den vorgekommenen Zwischenfällen bei der lumbalen Aortographie und bei der Arteriographie der unteren Extremitäten beschäftigen. Zur Begriffsabklärung sei einleitend festgestellt, dass unter "lumbaler Aortographie" die Darstellung der Bauchaorta, unter "Arteriographie" die selektive Kontrastmittelfüllung einer grösseren peripheren Arterie durch direkte Punktion verstanden wird. Diese Unterscheidung ist wichtig, da einige Autoren die Bezeichnung "Arteriographie" dem Begriff "arterielle Angiographie" gleichsetzen. Der Grund für diese Nomenklatur ist wohl darin zu sehen, dass Arteriogramme der unteren Extremitäten mehrfach in Fortsetzung einer Aortographie aufgenommen werden, da das Kontrastmittel über die Becken- und Beinarterien abfließt. Nach eigenen Erfahrungen sind diese Bilder jedoch durch die inzwischen eingetretene Vermischung des Kontrastmittels mit dem Blutstrom gegenüber den mit der selektiven Technik erhaltenen Bildern wenig kontrastreich. Zugleich wird mit Bevorzugung der direkten Punktion der A. femoralis die Aortographie, die den Patienten weitaus grösseren Gefahren aussetzt, nur bei strenger Indikationsstellung angewandt.

II. Übersicht über das Krankengut der chirurgischen Poliklinik der Universität München und über die gesammelten Fälle aus dem Schrifttum

Um ein eindrucksvolles Bild der Schwere und Häufigkeit von Zwischenfällen nach lumbaler Aortographie und nach Arteriographie der unteren Extremitäten zu vermitteln, werden entsprechende Angaben aus dem Schrifttum sowie Beobachtungen aus dem Krankengut der Chirurgischen Poliklinik der Universität München be-

rücksichtigt. In TABELLE I wurde aus geeigneten Veröffentlichungen die Zahl der aortographierten Patienten den Zahlen für Komplikationen und Todesfälle gegenübergestellt:

TABELLE I

Autor	Zahl der Fälle	Zahl der Komplikationen	davon Todesfälle
MC AFEE	13207	135	37
SMITH u. a.	300	26	0
CRAWFORD u. a.	300	11	3
HODGES	85	33	0
LARSSON u. a.	62	18	0
FONTAINE	253	2	2
KUNLIN u. a.	150	7	2
MC AFEE u. a.	150	22	1
BELLMANN	42	15	0
LOOSE	706	40	0
WAGNER u. a.	50	1	1
MILLER u. a.	250	7	0
EDLING u. a.	320	13	0
REAGEN u. a.	80	3	0
DOS SANTOS	500	10	4
STOKES u. a.	112	12	0
TARAZI u. a.	43	2	1
VOIGT	229	42	2
SCHRADER	18	0	0
SCHRADER	30	0	0
SCHULZE-BERGMANN	84	1	0
	16971	400	53

Als Komplikationsdichte ergibt sich hier ein Prozentsatz von 2,356 % und eine Letalität von 0,312 %. Diese Zahlen geben jedoch nur einen Anhaltspunkt und keinen endgültigen Überblick über die mögliche Gefährdung der Patienten durch die lumbale Aortographie, da in einigen der aufgeführten Arbeiten leichtere Zwischenfälle nicht zahlenmässig festgelegt wurden und eine Reihe von ernsten Komplikationen als "Case Reports" ins Schrifttum eingegangen sind. Es handelt sich um 15 weitere Todesfälle und 45 Zwischenfälle.

TABELLE II "Case Reports"

Art der Komplikation	Zahl der Fälle	Autoren
Wirbelnekrose	1	ALBERT, F. u. a.
frische Aortenthrombose	6	FRANCHBOIS, WERTHEIMER, SOMMER und SCHÖLZEL
Paraplegie	11	WERTHEIMER, ABESHOUSE u. a., MC CORMACK, BOYARSKY, GROSSMANN u. a., GOTTLOB, ANTHONY, SCHRADER
Mesenterialarterienthrombose (A. mes. cran. oder caud.)	6	TRIPPEL u. a., ROBY u. a., JOYEUX, DOTTER u. a., SAUTA, VÖLPEL
Nierenschäden	17	CONGER u. a., JOSSELSOHN u. a., MELLICK u. a., ROY, CHRISTMAN u. a., ALWALL u. a., KLINGENBERG, ANTHONY, BERG
Paravasate	3	TRIPPEL u. a., KLINGENBERG, ANTHONY
Chylothorax	2	DETERLING, GASPER u. a.
Aortenspasmus	1	TRIPPEL u. a.
Herzstillstand in Narkose	2	MENENDEZ u. a., KLINGENBERG
Blutungen	3	ANTHONY, DOS SANTOS
Aneurysma dissecans	2	GAYLIST and LAWS
Verletzung einer Bandscheibe	1	RICHTER
Embolie durch Lösung einer arteriosklerot. Wandverhärtung	1	LILLY
Embolie durch einen Thrombus der Einstichstelle	1	FERGUSON
perinephrit. Abscess und Hämatothorax	1	ANTHONY
Myocardinfarkt	1	CHRISTMAN u. a.
Pankreasnekrose	1	ROBINSON

Eine Aufstellung der eigenen lumbalen Aortographien (Tabelle III) zeigt 2 tödliche Zwischenfälle und einen komplizierten Verlauf der Untersuchung bei weiteren 12 Patienten. In letzteren Wert sind jedoch auch Komplikationen ohne jegliche klinische Symptome eingeschlossen. Es handelt sich vorwiegend um retroperitoneale Hämatome, die bei nachfolgender Operation entdeckt wurden, oder um röntgenologisch nachgewiesene Paravasate.

TABELLE III

Komplikationen nach lumbaler Aortographie aus dem Krankengut der Chirur-
gischen Poliklinik der Universität München

Ausgeführte Aortographien	70
Ernste Komplikationen:	4
mit tödlichem Ausgang (Fall 4, 6)	2
bleibende Schäden (Fall 7)	1
vorübergehende Schäden (Fall 5)	1
Leichte Zwischenfälle:	10
ohne klinische Manifestation	5
mit leichten klinischen Symptomen	5

Aus der Vielzahl der "Case Reports" und aus den eigenen Erfahrungen darf wohl geschlossen werden, dass auch allgemein die Prozentsätze für Komplikationen und Letalität nach lumbaler Aortographie über den aus Tabelle I errechneten Werten liegen müssen.

Zur Arteriographie der Beinarterien können aus Mangel an geeigneten Unterlagen aus dem Schrifttum nur eigene Fälle tabellarisch erfasst werden.

TABELLE IV

Ausgeführte Arteriographien	254
ernste Komplikationen (Fall 3, 8)	2
tödliche Komplikationen (Fall 1)	1
Narkosezwischenfälle	2
klinisch unbedeutende Zwischenfälle (Fall 2)	9
Summe der Komplikationen	14

Danach liegt die Häufigkeit für Komplikationen bei 5,511 %, die Letalität bei 0,393 %. In der berücksichtigten Literatur werden rund sechzig Arteriographieschäden, darunter 6 Todesfälle, berichtet. Diese Werte sind im Verhältnis zu den tatsächlich ausgeführten Femoralisarteriographien erstaunlich gering. Die Zahlen wiegen jedoch umso schwerer, als es sich um Eingriffe zu rein diagnostischen Zwecken gehandelt hat.

III. Eine kritische Betrachtung der verwendeten Kontrastmittel

Das zentrale Problem der arteriellen Angiographie besteht seit ihrer klinischen Einführung in der Suche nach einem geeigneten Kontrastmittel. Dieses soll neben genügender Schattendichte nach DOS SANTOS folgende Forderungen erfüllen:

1. es darf die Bestandteile des Blutes nicht ausfällen,
2. es darf keine toxischen Nebenwirkungen zeigen,
3. es soll im Körper weder zersetzt noch gespeichert werden,
4. es soll das Gefässendothel nicht reizen und damit auch beim Patienten keine Schmerzempfindungen hervorrufen.

Ausserdem sollte ein in die Blutbahn injiziertes Präparat den physiologischen Verhältnissen des strömenden Blutes in Bezug auf den osmotischen Druck und den pH-Wert weitgehend angeglichen werden. Im Hinblick auf die Viskosität der Lösungen hat sich gezeigt, dass gerade die Kontrastmittel mit einer erheblich höheren Viskosität als das Blut (z.B. Urografin) gut verträglich sind (125).

Zunächst wurden zur Angiographie vorwiegend anorganische Jodverbindungen verwandt, die zwar scharfe Röntgenbilder ergaben, jedoch wegen ihrer chemischen Labilität zu ernststen Jodüberempfindlichkeitsreaktionen und erheblicher Reizung der Gefässintima durch die freiwerdenden Jodkomponente führten.

Einige Jahre hindurch glaubte man, im Thorotrast (Thoriumdioxid) das Mittel der Wahl gefunden zu haben, da dieses Präparat die Gefässintima kaum angriff und somit auch weniger Spasmen und Schmerzen auslöste. Dieses schattendichte Kontrastmittel wurde aber vom Organismus nur teilweise ausgeschieden und bildete entweder als Folge eines Paravasates die sogenannten Thorotrastome im perivasalen Gewebe, oder es wurde in den Organen des RES gespeichert und richtete hier wie dort durch seine Radioaktivität erheblichen Schaden an. Es besteht inzwischen kein Zweifel mehr über seine cancerogene Wirkung, eine Tatsache, welche eine weitere Verwendung des Präparates unmöglich gemacht hat.

Heute werden fast ausschliesslich die Kontrastmittel der Ausscheidungs-pyelographie zur Angiographie benutzt. Es handelt sich dabei um organische Jodverbindungen, hauptsächlich um dijodierte Pyridonsalze (Uroselektantyp) oder um trijodierte Salze der Benzoesäure (Urokon- und Urografintyp). Beide Gruppen besitzen eine grosse chemische Stabilität und werden unverändert, ohne wesentliche Jodabspaltung durch die Nieren ausgeschieden (94). In Tierversuchen von OELSSNER sowie TARAZI und Mitarbeitern haben sich bei Ratte und Hund die Trijod-Verbindungen der Benzoesäure weniger toxisch gezeigt als die dijodierten Pyridonsalze. Die Ergebnisse bestätigen die Untersuchungen von ÖDMAN sowie GOTTLÖB und Mitarbeitern. Auch die klinische Erfahrung scheint diese Beobachtungen zu erhärten; denn von vielen Autoren wird die geringere Toxizität und die geringere Beeinflussung der Gefässwand durch Urografin und Urokon ausdrücklich betont (111, 82, 83, 106, 107, 108, 104, 8 u.v.a.).

Beim Urografin der SCHERING A.G. Berlin-West handelt es sich um ein Gemisch des Natrium- und Methylglukaminsalzes der N, N'-Diacetyl - diamino - 2, 4, 6 - Trijodbenzoesäure in wässriger Lösung. Beide Salze haben sich nach Angaben der Firma in Tierversuchen als ausserordentlich ungiftig erwiesen (Letaldosis bei Ratten 14, 7 g/kg Körpergewicht bei intravenöser Injektion). Ausserdem haben die Vergleichsuntersuchungen im Hinblick auf die Beeinflussung der Zellatmung im Warburg-Apparat günstige Ergebnisse gezeigt.

Wenn man die Komplikationen bei der arteriellen Angiographie insgesamt überblickt, so ergeben sich drei grosse Gruppen:

- A. Komplikationen, welche durch Kontrastmittel hervorgerufen werden.
- B. Komplikationen, welche durch das technische Vorgehen verursacht werden.
- C. Zwischenfälle, welche sich aus dem reduzierten Allgemeinzustand des untersuchten Patienten ergeben.

A. ZWISCHENFÄLLE, VERURSACHT DURCH DIE AUSWIRKUNGEN DER KONTRASTMITTEL

Ungefähr ein Drittel der im Schrifttum berichteten Zwischenfälle nach Aortographie und mehr als fünfzig Prozent der Arteriographieschäden werden allein auf die toxische Wirkung der injizierten Kontrastmittel zurückgeführt. Es handelt sich vielfach um örtliche Komplikationen, die sich auf die untere Bauch- aorta bzw. die A. femoralis und ihre Versorgungsgebiete beschränken. Demgegenüber sind allgemeine toxische Erscheinungen selten.

A I. Gefahren durch allgemeine allergische Reaktionen bei der Arteriographie und Aortographie gleichermaßen

Eine Gefahr, die nach beiden Eingriffen gleichermaßen droht, sind die in der Literatur nur vereinzelt genauer beschriebenen Überempfindlichkeitsreaktionen, ausgelöst durch den Kontrastmittelkomplex als Ganzes oder die Jodkomponente allein. Allerdings neigt man heute mehr zu der Annahme, dass es sich um Kontrastmittelidiosynkrasien handelt, zumal von MÖCKEL spezifische Antikörper gegen Kontrastmittel nachgewiesen werden konnten.

Meistens beschränken sich die Allergie-Symptome auf eine Urtikaria, Erbrechen und leichte Hustenanfälle. DOS SANTOS erwähnt jedoch sechs ernstere Zwischenfälle bei Patienten mit einer Leberinsuffizienz. ROBINSON hält als Begründung für eine Fettnekrose des Pankreas nach irrtümlicher Injektion von 20 ccm Urokon 70 % in dieses Organ eine lokale Überempfindlichkeitsreaktion für möglich. CONGER und Mitarbeiter veröffentlichten einen Todesfall nach Injektion von

20 ccm 70 %igem Urokon in die Bauchaorta. Es kam zu einer schweren hämorrhagischen Diathese mit Teerstühlen, Oligurie und flächenhaften Haut- und Schleimhautblutungen. Als Ursache wird ebenfalls eine Allergie gegenüber Jodverbindungen vermutet.

Im Anschluss an die Femoralisangiographie sind allergische Reaktionen noch seltener beobachtet worden. Nur WERTHEIMER berichtet den tödlichen Ausgang eines arteriographischen Eingriffes durch eine Überempfindlichkeitsreaktion bei einem gewohnheitsmässigen Trinker. Die Arteriographie wurde beidseitig durchgeführt, so dass grössere Mengen von Kontrastmittel in das Gefässsystem injiziert wurden. Ein Beispiel für die Grösse der Gefahr, welcher der Patient durch eine Sensibilisierung gegenüber einem Kontrastmittel ausgesetzt ist, soll ein Fall aus dem eigenen Krankengut geben.

Es handelt sich um den einzig tödlich verlaufenen Zwischenfall, den wir nach Arteriographie der unteren Extremitäten zu verzeichnen hatten.

FALL 1:

Ein achtundsechzigjähriger Patient wird wegen peripherer Durchblutungsstörungen, vorwiegend des linken Unterschenkels, in die Chirurgische Poliklinik der Universität München überwiesen. Der Patient leidet seit einem Jahr nach längerem Gehen und in der Nacht an krampfartigen Schmerzen in der linken Wade. Die Voruntersuchungen ergeben für das rechte Bein völlig normale Befunde, links fehlen sämtliche Pulse bis auf den Puls der A. femoralis in der Leistenbeuge. Das Oscillogramm zeigt links unterhalb der Oberschenkelmitte kollaterale Oscillationen. Die Hauttemperaturen sind an beiden Beinen annähernd gleich. Eine ausführliche interne Untersuchung ergibt eine geringgradige Lebervergrösserung bei normalem Ausfall der Leberteste. Auch Blutbild, Urinbefund, BSR und Rest-N entsprechen der Norm. Die röntgenologische Untersuchung zeigt eine periphere und zentrale Arteriosklerose, ein ausgeprägtes Lungenemphysem mit Emphysem- und Altersinduration, Bronchiektasen im rechten Mittel- und Unterlappen sowie eine rechtsseitige Pleuraspitzenschwarte. Die Herzform ist linksbetont, das EKG ist unauffällig. Zu erwähnen wäre anamnestisch noch eine 1918 durchgemachte Rippenfellentzündung. Seit dieser Erkrankung leidet der Patient an asthmatischen Anfällen.

Da der Allgemeinzustand eine Arteriographie durchaus zulässt, wird diese am 8.2.1956 linksseitig ausgeführt. In Evipan - Pantolax - Narkose werden 40 ccm Triopac "400" mit 1,5 atü perkutan unterhalb des Leistenbandes in die linke A. femoralis injiziert. Das Arteriogramm ergibt einen ausgeprägten Kollateralkreislauf bei polsterartigem Verschluss der A. femoralis in Femurschaftmitte (s. Abb. 1a und b).

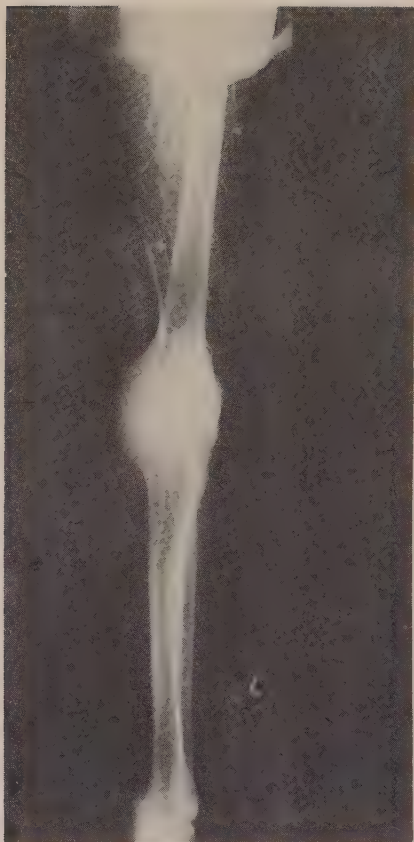


ABBILDUNG 1a

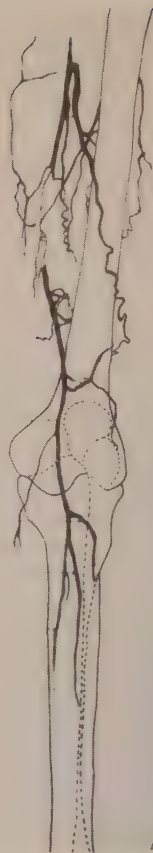


ABBILDUNG 1b

Unmittelbar nach der Arteriographie treten unregelmässig begrenzte, leicht cyanotische Flecken ventral und fibular in der Haut des linken Oberschenkels auf, welche vereinzelt ischämische Bezirke einschliessen und bis auf die linke Regio hypogastrica übergreifen. Der Patient klagt über starke Schmerzen in der gesamten linken Extremität. Da derartige Schmerzempfindungen und Hauterscheinungen erfahrungsgemäss völlig harmlos verlaufen können (s. auch Fall 2), wird ihnen keine besondere Bedeutung beigemessen.

Am 9.2.1956 haben sich entgegen den Erwartungen die im Schrifttum als "Plaques" bezeichneten Hautstellen nicht zurückgebildet, sondern sich noch intensiver cyanotisch verfärbt und konfluieren teilweise miteinander. Dieser Zustand ist aus den Abbildungen 1c und d deutlich ersichtlich.



ABBILDUNG 1c

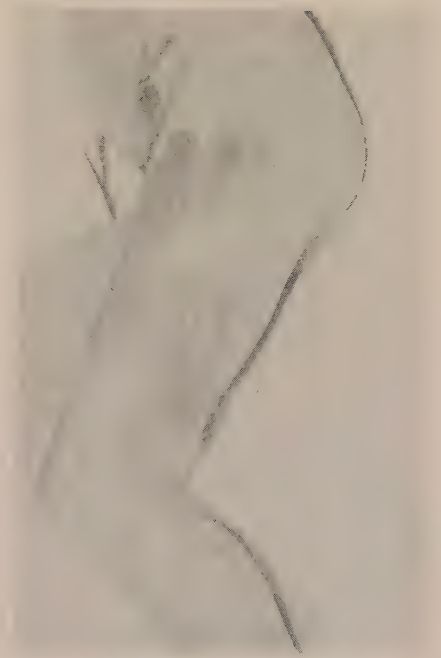


ABBILDUNG 1d

Die Bilder zeigen ausserdem, dass die Plaques das Hautniveau nicht überragen und sich in der Leistengegend besonders deutlich gegen die gesunde Haut absetzen. Da die heftigen Schmerzen im linken Bein weiterhin bestehen, wird eine linksseitige Sympathikusblockade durchgeführt, von der man sich zusätzlich eine beschleunigte Resorption der intrakutanen Hämatome durch die bessere Durchblutung erhofft.

Am Morgen des zweiten Tages nach der Arteriographie bekommt der Patient plötzlich eine schwere Dyspnoe mit allen Symptomen eines bedrohlichen Herz - Kreislaufversagens. Die peripheren Pulse sind nicht tastbar, die Herztöne nicht zu auskultieren. Eine sofort eingeleitete Behandlung mit Kreislaufmitteln und Sauerstoffbeatmung führt keine Besserung des Zustandes herbei. Nach ca. 45 Minuten empfindet der Patient Schmerzen und ein Engegefühl über dem Brustkorb. Über dem linken Lungenunterfeld finden sich nun deutliche Anzeichen für ein Lungenödem. Das Befinden des Patienten verschlechtert sich zusehends, so dass er im Verlauf einer weiteren Stunde ad exitum kommt.

Aus dem Sektionsprotokoll werden nur die Tatsachen berücksichtigt, die für eine Klärung der Todesursache bedeutsam sind.

Lungenbefund: Man findet eine deutliche Hypostase und ein ausgeprägtes Ödem des linken Lungenunterlappens. Daneben besteht ein bullöses Randemphysem beider Lungenflügel. Die rechte Lunge ist an ihrer Basis flächenhaft mit einer stellenweise bis zu zwei Millimetern dicken Pleuraschwarte verwachsen. Im Bereich des rechten Lungenoberlappens besteht eine chronisch cirrhotische Pneumonie mit fünf-Markstück-grosser Pleurakuppenschwiele. Eine Lungenembolie kann ausgeschlossen werden.

Zustand von Herz und Gefässen: Über den Zustand des Herzmuskels wird nichts Pathologisches berichtet. Es besteht nur eine geringgradige Koronarsklerose. Die Aorta zeigt eine teilweise verkalkende Sklerose, insbesondere caudal vom Abgang der Aa. renales.

Die A. femoralis der linken Seite ist durch sklerotische Prozesse im Anfangsteil ihres Verlaufes im Hunter'schen Kanal fast völlig verschlossen. Proximal des Verschlusses findet sich ein älterer, 5 cm langer, wandständiger Thrombus. Frische Thromben sind im Bereich der Beingefässe nicht auffindbar.

Lokalbefund: An der Vorder- und Seitenfläche des linken Oberschenkels zwischen Leistenband und Knie bestehen flächenhafte, teils konfluierende Blutungen in der Haut.

Das Sektionsprotokoll ergibt somit keine eindeutige Todesursache. Da sich der Patient vor der Arteriographie bis auf die Gehbeschwerden wohl fühlte, liegt die Vermutung nahe, dass der plötzliche Tod durch den angiographischen Eingriff hervorgerufen wurde.

Zur Klärung der Todesursache soll ein ähnlich verlaufener Fall aus dem Schrifttum herangezogen werden, den DEPLAS und REBOUL veröffentlicht haben:

Ein 67jähriger Patient wird wegen peripherer Durchblutungsstörungen beidseitig arteriographiert. Es werden pro Extremität 38 ccm 45 %iges Ténébryl mit 1,8 kg Druck injiziert. Die unmittelbaren Folgen des Eingriffes sind unauffällig bis auf starke Schmerzen in beiden Beinen. Vierundzwanzig Stunden später haben sich vor allem am linken Oberschenkel zwischen Oberschenkelmitte und Leistenband cyanotische, zum Teil auch livide Hautbezirke ausgebildet, die einer Indurationszone von Haut und Unterhaut aufliegen. Die Plaques sind wie im eigenen Fall unregelmässig begrenzt. Neben diesen Hauterscheinungen entwickelt sich ein Ödem der Adduktorenloge links, eine motorische Starre des linken Beines und ein Gelenkserguss in beiden Kniegelenken. Fünf Tage nach der Arteriographie bilden sich diese Erscheinungen allmählich zurück. Es bestehen keinerlei Anzeichen für einen arteriellen Spasmus oder eine akute Obliteration der Beingefässe. Am 8. Tag nach dem Eingriff stirbt der Patient plötzlich nach Angstzuständen und erschwelter Atmung.

Auszug aus dem Sektionsbericht:

Bei der anschliessenden Sektion findet man in der linken Lunge ein ausgeprägtes Ödem. Die Aorta und das Herz zeigen keinen pathologischen Befund, ebenso die Femoralarterien. Die rechte Niere ist verkleinert und enthält mehrere von purulentem Eiter umgebene Nierensteine. Bei diesem Patienten wurde auch eine histologische Untersuchung der betroffenen Hautpartien mit folgendem Ergebnis durchgeführt: Die Haut des linken Oberschenkels zeigt eine abnorme Dilatation der Unterhautkapillaren, die von einem Infiltrat aus Leukozyten, Eosinophilen und Histiozyten umgeben sind. An einigen Stellen besteht dieses Infiltrat dagegen vorwiegend aus Monozyten. Im perikapillären Gewebe befinden sich zahlreiche kugelige Zellansammlungen. Kapillarrupturen oder terminale arterielle Embolien sind nicht nachweisbar.

Differentialdiagnostisch ziehen DEPLAS und REBOUL folgende Ursachen für diese schwere Komplikation in Betracht:

1. periphere arterielle Embolien,
2. Kapillarrupturen durch den plötzlichen Druckstoss der Injektion,
3. unsichtbare terminale arterielle Embolien, die eventuell durch die hypertensive Ténébryllösung entstanden sein könnten.

Diesen letzten Punkt halten die Verfasser als Todesursache für wahrscheinlich. Sie vermuten eine Rückwirkung auf die cardiovasculäre Mechanik, obwohl im Sektionsprotokoll kein pathologischer Befund am Herzen erhoben werden konnte, der das Lungenödem erklären würde, so dass diese Erklärung nicht befriedigt.

Im eigenen Fall werden differentialdiagnostisch folgende Möglichkeiten zur Klärung des tödlichen Ausgangs der Arteriographie in Erwägung gezogen:

- a) Herz-Kreislaufversagen durch die Narkose oder den Operations-schock:

Der Operationsschock kommt als Todesursache wohl kaum in Frage, da die A. femoralis perkutan aufgesucht wurde und auch keine Nachblutungen nach Entfernen der Injektionskanüle beobachtet wurden.

Als Beräubungsmittel wählte man - wie bereits erwähnt - die Evipan - Pantolax - Kurznarkose. Nach Abklingen der Narkose war der Patient von seiten des Kreislaufes und der Atmungsorgane völlig symptomfrei. Für eine eventuell durch die Narkose bedingte Pneumonie besteht keinerlei Anhalt. Das akute Herzversagen achtundvierzig Stunden nach der Arteriographie ist auf das ausgeprägte Lungenödem und nicht mehr auf die Belastung durch die Narkose zurückzuführen.

- b) Herzinsuffizienz bei Überbelastung durch verstärkten peripheren Widerstand:

Durch die Toxizität des Kontrastmittels waren die Kapillaren im Bereich der "Plaques" abnorm erweitert, im Bereich der ischämischen Bezirke dagegen stark verengt. Da das betroffene Hautgebiet jedoch nur einen kleinen Teil der Körper-

oberfläche ausmacht - die Haut eines Oberschenkels umfasst ca. 9 % der gesamten Körperoberfläche - wird ein Zusammenhang dieser Kreislaufveränderung mit dem akuten Herzversagen für unwahrscheinlich gehalten.

c) Autointoxikation durch beginnende Nekrose der cyanotischen Hautflächen:

Die Autointoxikation des Patienten durch Zerfallsprodukte erweist sich ebenfalls als gegenstandslos, da die cyanotischen Zonen klinisch und pathologisch keine eindeutigen Anzeichen einer beginnenden Nekrose zeigten. Auch die Abbildungen - am Tage nach der Arteriographie aufgenommen - lassen nur an einzelnen Stellen eine scharfe Abgrenzung der Hautbezirke erkennen. Bei der Sektion wurden konfluierende intrakutane Blutungen, jedoch keine Nekrosen der Haut des linken Oberschenkels gefunden. Im Vergleichsfall aus dem Schrifttum bildeten sich die intrakutanen Hämatome interessanterweise ohne Nekrosebildung durch blosse Resorption zurück.

d) Überempfindlichkeit des Organismus gegenüber Jodpräparaten:

Nach der berücksichtigten Literatur sind hyperergische Reaktionen nach Arteriographie sehr selten. Ausser den bereits erwähnten Zwischenfällen von WERTHEIMER und DEPLAS und REBOUL betonen nur noch WAGNER jr. und GARRAUD die Möglichkeit einer solchen Gefährdung des Patienten. Auch bei unserem Patienten wurde erst zuletzt an diese Todesursache gedacht, die aber mit grosser Wahrscheinlichkeit bestätigt werden konnte.

Nicht nur körperfremde Eiweisstoffe, sondern auch jede andere chemische Verbindung kann - parantal appliziert - als Antigen, d.h. Antikörperbildner, wirksam werden. Bei der Angiographie ist durch die Injektion der Kontrastmittel sowohl eine Jodüberempfindlichkeit als auch eine spezifische Allergie gegen einen bestimmten Kontrastmittelkomplex (Idiosynkrasie) möglich. Den Beweis liefert die Tatsache, dass Patienten Uroselectan nicht vertragen, mit Joduron dagegen erscheinungslos angiographiert werden können. Ausserdem wurde bereits darauf hingewiesen, dass MÖCKEL spezifische Antikörper gegen Kontrastmittel fand. Eine Sensibilisierung erstreckt sich nach HANSEN über eine Zeitdauer von Monaten bis zu Jahrzehnten. Bei erneuter Zufuhr des Antigens kommt es mit den vorhandenen Antikörpern zu heftigen Reaktionen mit oft tödlichem Ausgang, dem sogenannten "allergischen Schock". Nach der "Kontaktregel" vollzieht sich diese Reaktion zunächst und vornehmlich an der unmittelbaren Berührungsstelle des Antigens mit dem Organismus und äussert sich nach MÜLLER beim Menschen vor allem in einer Dysfunktion der Kapillaren. Bei der Antigen-Antikörpervereinigung wird Histamin frei, welches für die Tonus- und Permeabilitätsstörungen der Kapillarwände verantwortlich gemacht wird. Auf diese Weise entstehen Haut- und Unterhauthämorrhagien. Als Ausdruck einer mehr chronisch ablaufenden allergischen Entzündung findet man häufig bei der histologischen Untersuchung Granulombildungen und Monocyteninfiltrate im perikapillären Gewebe.

Ein bevorzugtes Reaktionsorgan ist neben dem Gefäßsystem und der Leber die Lunge, in der sich ein Emphysem oder Ödem ausbildet. Weitere Schocksymptome sind z.B. noch Gelenkergüsse und subileusartige Erscheinungen.

In den vorliegenden beiden Fällen ist eine wesentliche Übereinstimmung der klinischen und pathologischen Befunde mit den von HANSEN aufgeführten Auswirkungen eines allergischen Geschehens gegeben:

1. in den Hauterscheinungen, hervorgerufen durch kapilläre Dysfunktion. Die von DESPLAS und REBOUL bei der histologischen Betrachtung gefundenen kugeligen Zellansammlungen entsprechen wahrscheinlich den von HANSEN erwähnten allergisch bedingten Granulombildungen im perikapillären Gewebe.
2. in den von REBOUL und DESPLAS beobachteten Kniegelenksergüssen.
3. in dem bei beiden Patienten aufgetretenen Lungenödem und dem plötzlichen Tod in einem Anfall von Asthma cardiale.

HANSEN warnt nachdrücklich vor der kritiklosen Diagnose "Allergie" und fordert vor allem eine Anamnese, die auf eine hyperergische Reaktionslage des betreffenden Organismus schliessen lässt. Der Fall aus dem Schrifttum ist in diesem Zusammenhang anamnestisch nicht als echte Allergie zu beweisen. Hier legt die verblüffende Übereinstimmung der Symptome mit denen unseres Patienten diese Diagnose nahe. Aus seiner Anamnese geht folgendes zur Erhärtung der Todesursache "Allergie" hervor: Seit 1918 litt der Patient an asthmatischen Beschwerden, die als Ausdruck einer veränderten Reaktionslage seines Organismus angesehen werden müssen. Die Injektion des jodhaltigen Kontrastmittels Triopac "400" löste so schwere hyperergische Reaktionen aus, denen der Patient erlag. Eine Testuntersuchung am Vorabend der Arteriographie war unterlassen worden.

Dieser tödliche Zwischenfall durch einen anaphylaktischen Schock zeigt, dass mit dieser Komplikation gerechnet werden muss. Viele Autoren führen deshalb routinemässig Testinjektionen durch, bei denen 1 - 2 ccm des Kontrastmittels intravenös injiziert werden. Auch der Conjunctiva-Test findet Anwendung. Jedoch bieten auch diese Tests keine absolute Sicherheit, da es trotz negativen Ausfalles der Proben zur Auslösung allergischer Reaktionen gekommen ist (42). Zur Beherrschung der für den Patienten lebensbedrohenden Vorgänge empfehlen MC AFEE, FELTE und PÄSSLER eine sofortige Medikation von Antihistaminica oder Cortison, wenn Alarmsymptome wie Plaques auftreten. FELTE und PÄSSLER haben Neo-Bridal in Mengen von 2 - 6 ccm erfolgreich verwandt. Sicherlich ist es empfehlenswert, diese Präparate bei jeder Angiographie sofort zur Verfügung zu haben, um so einer gefährvollen Komplikation wirksam begegnen zu können. Auch nach Injektion des sonst weitgehend harmlosen Kontrastmittels Urografin in das arterielle Gefäßsystem ist eine Überempfindlichkeitsreaktion bekannt geworden (105).

Interessant sind im Zusammenhang mit dem eigenen Fall noch Beobachtungen von KÖLLING und Mitarbeitern. Obwohl es sich beim Triopac "400" ebenfalls

um ein trijodiertes Benzoessäurederivat handelt, stellten die Verfasser bei terminalen Lungenangiogrammen wiederholt fest, dass Triopac "400" erheblich stärkere lokale Reizsymptome hervorruft, als das daneben verwendete Urografin. Nach Injektion von Triopac "400" in die Lungenendstrombahn kam es regelmässig zu deutlich sichtbaren Extravasaten ohne technischen Fehler. Klinisch liessen sich umschriebene Pneumonien und pneumonische Anschoppungen nachweisen. Diese Erscheinungen sind als Ausdruck einer besonders hohen Toxität des Triopac "400" zu werten.

A II. Durch Kontrastmittel hervorgerufene örtliche Zwischenfälle bei der Arteriographie wie die Auslösung von Kapillarlähmungen oder von Gefässspasmen mit nachfolgender Gefässobliteration

Neben diesen allgemeinen Körperreaktionen sind jedoch lokale Zwischenfälle im Versorgungsgebiet des dargestellten Gefässes weit häufiger. Charakteristisch für die Arteriographie sind vor allem Reaktionen der Vasomotoren als Antwort auf die Kontrastmittelinjektion. Auch ohne dass es zu ernsteren Folgen kommt, beobachtet man bei jeder Arteriographie mehr oder weniger deutlich zunächst eine kurze Phase von Vasokonstriktion, die von einer meist ausgeprägten Phase von Vasodilatation abgelöst wird. Übereinstimmend wird im Schrifttum eine chemotoxische Reizung der Gefässintima vermutet. Als Ursachen werden aufgeführt:

- a) der Jodgehalt der Kontrastmittel
- b) der hohe osmotische Druck der Kontrastmittellösungen
- c) der durch Spasmus und nachfolgende Dilatation verzögerte Abfluss der toxischen Substanz.

Bei der Auslösung von Spasmen spielt ausser dieser toxischen Beeinflussung der Gefässwand das Trauma durch die Injektionsnadel sowie der Injektionsdruck eine Rolle, über deren Ausmass jedoch noch keine genauen Vorstellungen zu bestehen scheinen. Für ein Überwiegen der toxischen Komponente sprechen jedenfalls die Beobachtungen, dass nach Injektion von Thorotrast oder Urografin unter Anwendung der gleichen Technik weit geringere vasomotorische Reaktionen auftraten.

Eine wissenschaftliche Erklärung für die Wirkungsweise der Kontrastmittel wird im berücksichtigten Schrifttum nicht gegeben. Folgende Untersuchungen sprechen gegen eine direkte Schädigung der Gefässintima: CAMPBELL hat in sechsunddreissig Fällen fünf Minuten bis drei Wochen nach der Arteriographie die Gefässbäume amputierter Gliedmassen makroskopisch untersucht und niemals frische Thromben oder ein verändertes Gefässendothel gefunden. Auch CONTIADES, NAULLEAU und UNGAR betonen, dass sie bei Hunderversuchen keine histo-

logischen Veränderungen der Intima durch das Kontrastmittel feststellen konnten, jedoch lösten die intraarteriellen Injektionen lokal vasomotorische Reaktionen in der geschilderten Reihenfolge aus. GOTTLOB und ZINNER wiesen dagegen deutliche Endothelschäden nach Kontrastmittelfüllung an der V. facialis anterior eines Kaninchens mit Hilfe der Versilberung der Kittlinien und durch Anwendung einer modifizierten mikroskopischen Technik nach O'NEILL nach (Untersuchung der ausgebreiteten, aufgehellten Vene im durchfallenden Licht). Sie unterscheiden drei Grade von Schädigungen:

- a) eine Schädigung 1. Grades, die sich in einer "Stechapfelform" der Kittlinien äussert.
- b) eine Schädigung 2. Grades, bei der die Kittlinien z.T. unterbrochen sind. Zusätzlich treten senkrecht zur Gefässachse Linien und Streifen auf, die eindeutig tiefer in der Gefässwand gelegenen Strukturen angehören. Diese färben sich erst an, wenn die Endothelien so weit geschädigt sind, dass sie die Silbernitratlösung durchlassen.
- c) als Schädigung 3. Grades bezeichnen die Verfasser einen Zustand, bei dem nur noch Reste der Kittlinien auffindbar sind.

Da die Kittsubstanz von besonderer Bedeutung für die Gefässpermeabilität ist, scheinen diese Untersuchungen im Hinblick auf die vasomotorischen Reaktionen der Gefässe bei der Angiographie weiterzuführen. Vermutlich reizt das injizierte Kontrastmittel zunächst die Gefässintima so, dass es reflektorisch zu einer Vasokonstriktion kommt (1. Phase). Die dadurch verlängerte Kontrastmitteleinwirkung führt zur Schädigung der Kittsubstanz, so dass die toxische Lösung in tiefere Wandschichten eindringen kann und die glatte Muskulatur der Gefässe, besonders der Kapillaren, lähmt. Es bildet sich folglich die 2. Phase der Vasodilatation aus.

Bei der Arteriographie beruhen ausser den bereits behandelten allgemeinen Allergien alle durch Kontrastmittel verursachten Zwischenfälle auf der Übersteigerung einer der geschilderten vasomotorischen Phasen, so dass als mögliche Folgen Gefässlähmungen oder Gefässspasmen in Betracht kommen.

Als klinisch harmlos erwies sich ein Fall aus dem eigenen Krankengut, der äusserlich ähnliche Symptome bot wie Fall 1 und ein Beispiel für eine verlängerte 2. Phase der vasomotorischen Antwort der Kapillaren darstellt.

FALL 2:

Ein sechzigjähriger Patient wurde wegen einer rechtsseitigen Claudicatio intermittens unbekannter Genese durch zweimalige perkutane Punktion mit je 30 ccm 70 %igem Joduron unter 2 atü Druck arteriographiert. Unmittelbar im Anschluss an die zweite Injektion erschienen in der Bauchhaut zwischen Nabel, Leistenband und Rippenbogen rechts rötlich - violette Verfärbungen, die sich unregelmässig gegen die normalgetönte Haut abgrenzten und marmorweisse Hautbezirke einschlossen (s. Abbildung 2a).



ABBILDUNG 2a

Der Patient äusserte keinerlei subjektive Beschwerden. Am zweiten Tag nach dem Eingriff waren die Hauterscheinungen völlig abgeklungen, so dass der Patient ohne Verzögerung entlassen werden konnte. Das Arteriogramm hatte einen atheromatösen Verschluss der A. femoralis dicht unterhalb des Abganges der A. profunda femoris ergeben (s. Abbildung 2b und c).



ABBILDUNG 2b



ABBILDUNG 2c

Die Hautverfärbungen betrafen wie aus Abbildung 2a hervorgeht das Versorgungsgebiet der unmittelbar unter dem Leistenband aus der A. femoralis entspringenden A. circumflexa ilium superficialis und der A. epigastrica superficialis caudalis der rechten Körperhälfte.

Differentialdiagnostisch kommen beim Auftreten dieser Hauterscheinungen folgende Möglichkeiten in Betracht:

1. Rupturen der Unterhautkapillaren durch den Injektionsdruck.
2. Die lokale Manifestation einer Kontrastmittel-Allergie.
3. Die ersten Anzeichen eines akuten Gefäßverschlusses, denn auch bei akuten Obliterationen werden als Vorstufe der Gangrän die sogenannten "Plaques" beobachtet.

sehen die Ursache hierfür in der hohen Viskosität des Präparates, welche eine zu starke Durchtränkung der Gefäßwand mit Kontrastmittel verhindert.

Für Patienten mit bereits bestehender oder drohender Gangrän musste bislang mit der raschen Verschlechterung dieses Zustandes nach der Arteriographie gerechnet werden. Zur Veranschaulichung diene ein Beispiel aus dem Krankengut der Universitäts-Poliklinik München:

FALL 3:

Herr X, 67 Jahre alt, wurde am 9.2.1957 wegen einer Durchblutungsstörung des linken Beines mit 30 ccm 60 %igem Joduron arteriographiert. Das Arteriogramm ergab als Grundleiden eine Arteriosklerose. Am 11.2.1957 waren die vor dem Eingriff nur leicht cyanotisch verfärbten Zehenspitzen des linken Fusses bereits in blau - schwarze Nekrosen übergegangen. Da derartige Prozesse für gewöhnlich langsamer verlaufen, besteht die Möglichkeit, dass es sich um eine durch die Arteriographie bedingte Beschleunigung der Nekrosebildung handelt, zumal ähnliche Fälle auch aus dem Schrifttum bekannt sind. Einen Überblick über diese Fälle gibt

TABELLE VI:

Autor	Zahl der Fälle	angegebene Ursache
SÈNEQUES und BENOÎT	1	nicht erklärt
DOS SANTOS	6	Toxizität der organischen Jodverbindungen
WERTHEIMER und FRIEH	1	Kontrastmittel Collothor
FONTAINE	2	Toxizität der organischen Jodverbindungen

Andere Autoren (21, 23, 68, 118) machen keine genaueren Angaben, betonen jedoch die Gefahr der Verschlimmerung einer Gangrän durch die intraarterielle Kontrastmittelinjektion ausdrücklich. Als vermutliche Ursache wird wiederum übereinstimmend die vasokonstriktorische Wirkung der Kontrastmittel durch Reizung der Gefäßintima und der Vasomotoren angegeben. Die Vasokonstriktion - sie soll bei erkrankten Gefäßen vereinzelt besonders ausgeprägt sein - führt zu einer zusätzlichen Ischämie des bereits erheblich unterernährten Gewebes und leitet wohl auf diese Weise den akuten Ablauf der Gangrän ein, ohne dass es zu einem thrombotischen Verschluss der versorgenden Arterien kommen muss. Vielleicht reagieren auch die bei Gefäßverschlüssen ausgebildeten Kollateralen besonders heftig auf den Kontrastmittelreiz.

Ziel jedes Untersuchers wird es folglich sein, die Entstehung von Spasmen weitgehend zu verhindern oder im Falle ihres Auftretens geeignete Gegenmassnahmen zur Verfügung zu haben. DUCUING, UNJALBERT und GÉLDEON haben niemals Spasmen und ihre Folgen erlebt und begründen diese Tatsache mit einer

unmittelbar an jede Arteriographie angeschlossenen intraarteriellen Injektion von Novocain. Als weitgehend gefahrloses Kontrastmittel kommt auch bei diesen Patienten heute nur noch Urografin in Frage.

A III. Durch Kontrastmittel hervorgerufene örtliche Zwischenfälle bei der Aortographie

Während bei der Arteriographie der unteren Extremitäten durch Kontrastmittel ausgelöste Spasmen mit nachfolgender Obliteration oder die Verschlimmerung einer Gangrän im Vordergrund der Komplikationen stehen, liegt eine bedeutende Gefahrenquelle der lumbalen Aortographie in der physiologischen Aufgabe der Aorta als Organ der Blutverteilung begründet. Das Kontrastmittel fließt besonders bei der hohen lumbalen Aortographie teilweise über die im Bauchteil entspringenden Eingeweideäste ab und kann sich so schädigend auf diese Gefäße und ihre Erfolgsorgane auswirken. Mehrfach wurde auch ein Aortenast an Stelle der Aorta punktiert, so dass es zu schweren Zwischenfällen kam, die im Kapitel über technische Mängel der Aortographie berücksichtigt werden. Bedeutsam für die durch Kontrastmittel hervorgerufenen Komplikationen ist ganz allgemein, dass Mengen zwischen 25 und 60 ccm eines hochprozentigen Kontrastmittels zur Darstellung dieses grossen Gefässes mit seinem kräftigen Blutstrom benötigt werden. Die Aortographien an der Chirurgischen Poliklinik München wurden durchschnittlich mit 40 - 60 ccm 70 %igem Joduron oder 76 %igem Urografin unter einem Injektionsdruck von 1,5 - 2,5 Atmosphären ausgeführt.

(A III) 1. Vergrösserung bereits vorhandener Aortenthromben

Auch nach der lumbalen Aortographie findet man vereinzelt eine Aortenobliteration, überwiegend als Fortsetzung eines bereits vor dem Eingriff bestehenden thrombotischen Prozesses. LERICHE und MOREL betonen die Gefahr der Thrombenausdehnung bei Patienten mit einem Bifurcationssyndrom nachdrücklich und warnen vor dem angiographischen Eingriff in diesen Fällen. Auch GOTTLOB hält die Aortographie bei vorhandener Stase durch thrombotischen Verschluss der Aorta für kontraindiziert. Die Erfahrungen von LERICHE und MOREL finden ihre Bestätigung in mehreren Fällen aus dem Schrifttum:

MC AFEE berichtet folgende Komplikationen, die auf eine Thrombenausdehnung nach Aortographie zurückgehen:

1. die Verschlimmerung einer Claudicatio intermittens.
2. die Ausbreitung einer Aortenthrombose in die Aa. renales mit tödlichem Ausgang.
3. bei zwei weiteren Patienten die Ausdehnung einer Aortenthrombose ohne genauere klinische Angaben und ohne tödlichen Ausgang.

FRANCHEBOIS fand fünf bis achtundzwanzig Tage nach dem Eingriff in vier Fällen bei Gefäßoperationen frische Thromben in der Aorta, die keinerlei klinische Symptome hervorgerufen hatten. In einem weiteren Fall mit unvollständigem Verschluss der Aa. iliacae communes beiderseits war der Verschluss nach 25 Tagen komplett.

SOMMER und SCHÖLZEL beobachteten eine ascendierende Aortenthrombose nach lumbaler Aortographie mit nur 20 ccm 70 % Diodone. Das Aortogramm ergab einen Verschluss dicht unterhalb der Aa. renales. Aortenäste kamen seltsamerweise nicht zur Darstellung. Nach vier Tagen starb der Patient an erheblichem Meteorismus und einer rechtsseitigen Bronchopneumonie. Die Sektion zeigte als Todesursache in Fortsetzung des alten Aortenverschlusses einen frischen, fingerförmigen Thrombus, welcher bis in die Höhe des Truncus coeliacus reichte und die Aa. renales und die A. mesenterica cranialis verschloss.

Nach FRANCHEBOIS können diese Zwischenfälle durch folgende Ursachen hervorgerufen werden:

1. durch Spasmen der Aorta.
2. durch zu hohen Injektionsdruck.
3. durch eine Intimareizung bei Berührung mit hypertonen Lösungen und durch den unphysiologischen pH-Wert des Kontrastmittels.
4. durch Störungen der Blutgerinnung.
5. durch technische Fehler.

Dass auch die Aorta spastisch auf die Kontrastmittelinjektion reagiert, zeigt ein Fall, den TRIPPEL und Mitarbeiter veröffentlicht haben. Durch einen heftigen Aortenspasmus konnte kein verwertbares Aortogramm erzielt werden, so dass der Eingriff wiederholt werden musste. Eine eindeutige Erklärung, warum Aortenthrombosen nach der Aortographie zur Ausdehnung neigen, wird im Schrifttum nicht gegeben. Vermutet wird, dass es in der Aorta ähnlich wie in den peripheren Arterien durch die injizierten Präparate zu einer Reizung des Gefäßendothels kommt, die bei einer Blutstromverlangsamung besonders begünstigt wird. Der durch chemotoxische Intimareizung, Injektionsdruck und Nadeltrauma reflektorisches ausgelöste Spasmus trägt seinerseits entscheidend zur Thrombenbildung bei. Denkbar als Ursache der fortschreitenden Thrombose wäre ausserdem die durch den behinderten Abfluss gesteigerte Fremdkörperwirkung des unter erheblichem Druck injizierten Kontrastmittels auf das Blut. Diese Auswirkung würde genügen, die Blutgerinnung auszulösen und weitere thrombotische Massen zur Abscheidung zu bringen. Unter den eigenen Aortographien findet sich kein Zwischenfall, der mit Sicherheit auf eine Ausdehnung vorhandener Thromben zurückzuführen ist. Mehrere Patienten mit hoher Aortenobliteration wurden jedenfalls mit den angegebenen Durchschnittsdosen in der üblichen Konzentration gefahrlos aortographiert.

Thrombotische Aortenverschlüsse als Kontraindikation zur Aortographie zu bezeichnen, hiesse gleichzeitig, die Aortographie einer ihrer wichtigsten Indikationen zu berauben, da zu etwaigen gefässchirurgischen Eingriffen die genaue

Kenntnis von der Ausdehnung der Thrombose und vom Zustand des Gefässabschnittes oberhalb und unterhalb des Verschlusses notwendig ist. STOKES und BUTCHER empfehlen deshalb bei Aortenobliterationen verdünnte Kontrastmittellösungen; MC AFEE beschränkt die Menge bei diesen Patienten auf 15 - 20 ccm.

(A III) 2. Thrombosierung von Aortenästen ohne technische Fehler.

Eine weitere, erhebliche Gefahr der lumbalen Aortographie besteht im Verschluss eines Aortenastes durch Spasmen oder Thrombosen. Betroffen sind nach dem Schrifttum ausschliesslich die A. mesenterica cranialis oder caudalis. In den Aa. renales und in den Lumbalarterien wurden keine thrombotischen Veränderungen gefunden, sondern hier scheinen vor allem die Erfolgsorgane toxisch geschädigt zu werden. Thromben in den Arterien des Truncus coeliacus sowie eine Schädigung der von ihnen versorgten Organe sind extrem selten.

Insgesamt sind siebzehn Fälle schwerer Darmveränderungen nach lumbaler Aortographie genau beschrieben worden. Bei vierzehn Patienten wurden sie jedoch nachweislich durch Fehlpunktionen der Mesenterialarterien verursacht (s. auch Tabelle X). Bei drei Patienten traten die Erscheinungen dagegen ohne unmittelbare Injektion, als Folge einer häufig die Aortographie begleitenden Astfüllung auf. Sie sind somit vorwiegend auf die Kontrastmittelwirkung zurückzuführen und äussern sich wie bei irrtümlicher Astinjektion in einer Darmgangrän. FONTAINE beobachtete einen Fall von Nekrose des Sigmoids nach Injektion eines nicht näher bezeichneten Kontrastmittels in die Nähe des Abganges der A. mesenterica caudalis. ROBY und MC KAY berichten von einem Patienten, bei dem es zu einer Nekrose grösserer Dickdarmabschnitte mit tödlichem Ausgang kam. Bei der Sektion konnte die Diagnose "Thrombose der A. mesenterica caudalis" bestätigt werden. Als auslösendes Moment wird ein Spasmus dieses Gefässes vermutet. TRIPPEL und Mitarbeiter erwähnen einen Fall von Mesenterialarterienthrombose, die auf dem Boden einer Kontrastmittelstase in der Mesenterialarterie entstanden sein soll.

Warum es in einzelnen Fällen zu gangränösen Veränderungen des Darmes kommt, in anderen dagegen nicht, ist noch ungeklärt. LOOSE und REAGEN und CAROLLI berichten z.B. über Direkinjektionen der Mesenterialgefässe ohne jegliche klinische Erscheinungen, und auch unter den eigenen Patienten befinden sich mehrere Fälle mit auffallend starker Füllung dieser Arterien, ohne dass es zu Zwischenfällen gekommen wäre (s. Abbildung 3a und b).

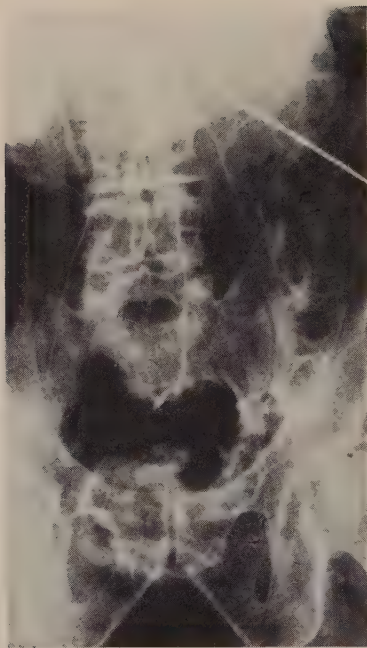


ABBILDUNG 3a

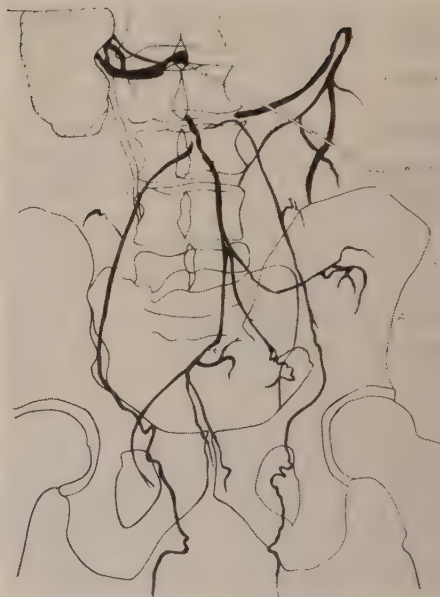


ABBILDUNG 3b

Andererseits stellt sich die A. mes. caud. nicht bei jeder tiefen lumbalen Aortographie dar. Diese Tatsache kann als reflektorisch ausgelöster, spastischer Verschluss des Gefäßes gedeutet werden. Bei solchen Patienten ist es niemals zu gangränösen Darmprozessen gekommen, so dass die Anwesenheit von Kontrastmittel als eigentliche Ursache der Gefäßobliteration anzusehen ist.

An Hand eines Falles aus dem eigenen Krankengut sollen die klinischen Symptome einer Thrombose der A. mes. caudalis und die differentialdiagnostischen Möglichkeiten dieser ernsten Komplikation aufgezeigt werden:

FALL 4:

Ein 55 jähriger Patient wird am 8.3.1956 wegen eines Teilverschlusses der Beckenarterien mit 40 ccm Joduron unter zwei Atmosphärenüberdruck in Pentothalnarkose aortographiert. Das Aortogramm zeigt eine abklingende Füllung der Aorta. Das Kontrastmittel hat bereits die Extremitätengefäße erreicht und zeigt dort eine unauffällige Gefäßfüllung bis auf eigenartig enge Gefäßlumina, die nach Ansicht des Röntgenologen spastischer Natur sind. Bemerkenswert ist eine noch scharf begrenzte Füllung der A. mesenterica caudalis (s. Abbildung 4a und b).



ABBILDUNG 4a

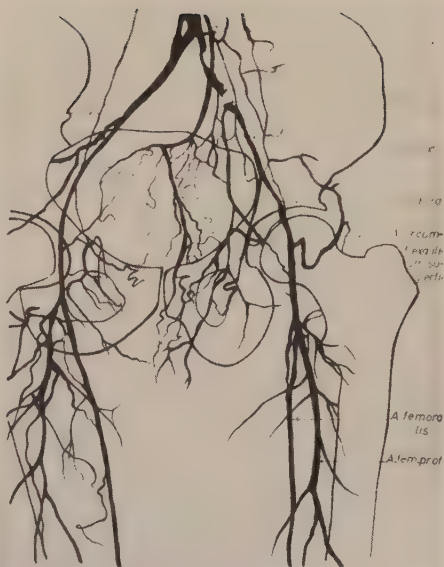


ABBILDUNG 4b

Am Tage nach der Aortographie steigen die Temperaturen auf $38,5^{\circ}\text{C}$. Es besteht ein subileusartiger Zustand mit Leibschmerzen, Meteorismus und fehlenden Darmgeräuschen. Nach Verabfolgung mehrerer Kubikzentimeter Prostigmin hat sich die Peristaltik bis zum 11.3 wieder normalisiert. Die Temperaturen sind abgesunken. Fünf Tage nach dem Eingriff treten wiederum heftige Leibschmerzen auf, die sich vor allem im linken Unterbauch lokalisieren. Die Temperaturen sind subfebril. Eine Röntgenkontrollaufnahme gibt keinerlei Anhaltspunkte für einen Ileus. Am 16.3. liegen die Temperaturen bei 38°C . Seit dem 14.3. werden erbsenbreiähnliche Durchfälle entleert. Trotzdem besteht der Meteorismus weiterhin. Auf einem am 18.3. aufgenommenen Röntgenbild sind wiederum keine Spiegelbildungen feststellbar. Zwei Tage später haben die Temperaturen septischen Charakter angenommen, der Allgemeinzustand des Patienten hat sich erheblich verschlechtert. Es besteht nun eine diffuse Schwellung der linken Leisten- und der oberen Hälfte des linken Oberschenkels. Die Haut des Patienten hat sich ikterisch verfärbt. Der Bilirubinspiegel beträgt $3,8\text{ mg}\%$. Stuhlgang entleert sich jedoch spontan, so dass eine Thrombose der Beckengefäße differentialdiagnostisch in Erwägung gezogen wird und man von einer Laparotomie noch ab-

sieht. Es fehlen ausserdem jegliche Anzeichen peritonealer Reizung. Am 23. 3. wird in der linken Leiste subkutan ein deutliches Gasknistern gefühlt, und man beschliesst die sofortige extraperitoneale Freilegung des linken Retroperitonealraumes in der Annahme, dass es sich doch um eine Perforation des Colon descendens handelt. Die Laparotomie zeigt eine Totalnekrose des Colon descendens mit Übergreifen der nekrotisierenden Entzündung auf die Psoasloge. Da auf Grund einer vor drei Jahren ausgeführten Magenresektion starke Verwachsungen bestehen, ist die Orientierung sehr erschwert. Im Verlauf der Operation wird ein Anus transversus angelegt, der nekrotische Darmabschnitt entfernt und die Bauchhöhle so gut wie möglich gesäubert. Da der Allgemeinzustand des Patienten keinen langen Eingriff zulässt, wird die Operation nach 30 Minuten abgeschlossen.

Trotz aller Bemühungen hat der Patient das volle Bewusstsein nicht wiedererlangt. Am folgenden Tag zeigt das linke Bein eine fleckig livide Verfärbung. Offenbar ist eine postoperative Embolie der linken A. femoralis eingetreten. Am Abend des gleichen Tages stirbt der Patient.

Aus der Sektion ergeben sich folgende pathologische Befunde:

Im Lager des entfernten Colon descendens findet man einen eitrig-kotigen Abscess, von der Flexura coli sinistra bis ins kleine Becken reichend, bedeckt vom Omentum maius und Dünndarmschlingen. Die Nekrose hat auf die linke Psoasloge übergegriffen und erstreckt sich caudal bis ins Scarpa'sche Dreieck, medial bis an den lateralen Rand der Wirbelsäule. Ausserdem besteht eine nekrotisierende Proktitis. Links von der Aorta, unterhalb des Abganges der Aa. renales findet sich ein flaches Hämatom als Folge der Aortographie.

Die Aorta selbst zeigt caudal vom Abgang der Aa. renales fleckförmige arteriosklerotische Einlagerungen, die auch die Aa. ilicae communes auf Griffelstärke einengen. Im Bereich der Aufzweigung der linken A. ilica befindet sich ein alter, wandadhaerenter Thrombus, ebenso in der linken A. ilica externa. Die Coronargefässe weisen eine generalisierte stenosierende Sklerose auf. Die Femoralarterien sind arteriosklerotisch verändert, die linke A. femoralis enthält frische thrombotische Massen. Eine Thrombose der A. mesenterica caudalis in ihrem Ursprungsteil ist nicht nachweisbar.

Die parenchymatösen Organe sind sekundär toxisch verändert. Es besteht ein allgemeiner mässiger Ikterus.

Da der Pathologe die durch die Operation veränderten Verhältnisse in der Bauchhöhle vorfand und in den Resten der A. mesenterica caudalis keine Obliteration feststellen konnte, müssen auch andere Ursachen, welche eine Nekrose des Colon descendens auslösen können, zur Klärung des Zwischenfalles herangezogen werden.

a) Eine Überempfindlichkeit des Patienten gegen Joduron.
Da die Anamnese des Patienten keine Hinweise auf eine hyperergische Reaktionslage des Organismus gibt, wird diese Erklärung als unwahrscheinlich abgelehnt.

b) Eine Perforation des Dickdarmes mit der Injektionsnadel.
Von MC AFEE werden zwei Fälle erwähnt, bei denen es durch ein technisches Versehen zu einer Darmperforation mit der Injektionsnadel kam. In beiden Fällen entwickelte sich sofort eine Peritonitis mit freier Luft in der Bauchhöhle. Unser Patient hatte zwar erhebliche Leibschmerzen, doch blieb das Peritoneum zunächst unbeteiligt. Freie Luft in der Bauchhöhle war bei den wiederholt vorgenommenen Röntgenkontrollen nicht nachweisbar. Erst fünfzehn Tage nach der Aortographie spürte man bei der Palpation ein Gasknistern unter der Haut der Leistengegend als Folge der inzwischen erfolgten Perforation durch die Darmgangrän. Der allmähliche Ablauf des Krankheitsbildes mit fieberfreiem Intervall schliessen eine mit der Injektionsnadel erfolgte Verletzung des Darmes mit ziemlicher Sicherheit aus, zumal die Aorta bei der Punktion sofort erreicht wurde.

c) Ein Paravasat als Ursache der nekrotisierenden Entzündung.
Paravasate werden im gesamten Schrifttum als ausgesprochen harmlos bezeichnet. Ausser leichten peritonealen Reizerscheinungen ist es seit Anwendung der modernen Kontrastmittel zu keinerlei ernsteren Zwischenfällen gekommen. Da auch röntgenologisch kein Paravasat nachgewiesen wurde, wird diese Möglichkeit zur Auslösung der Dickdarmnekrose bei unserem Patienten ausgeschlossen.

d) Ein embolischer Verschluss der A. mesenterica caudalis.
LILLY beobachtete den Verschluss einer A. femoralis durch eine mit der Injektionsnadel gelöste arteriosklerotische Platte. FERGUSON berichtet über eine Embolie der Aortenbifurkation, die durch einen an der Einstichstelle entstandenen Thrombus hervorgerufen wurde. Bei unserem Patienten kann ein embolischer Verschluss der A. mesenterica caudalis nicht mit Sicherheit verneint werden, da die Aorta sklerotische Herde aufwies und auch thrombotisches Gewebe vorhanden war. Es ist durchaus denkbar, dass ein kleiner Thrombus oder eine kleine sklerotische Platte einen Ast der Arterie verstopft hat. Da die Ernährung des Darmes durch die ausgedehnten postoperativen Verwachsungen im Bauchraum schon vor der Aortographie beeinträchtigt gewesen sein kann, hätte der embolische Verschluss eines kleinen Astes der A. mes. caud. unter Umständen genügt, die Gangrän auszulösen.

e) Eine Abflusstörung des Kontrastmittels in der A. mesenterica caudalis mit nachfolgender peripherer Obliteration.

Die auffällig scharf begrenzte Füllung der A. mesenterica caudalis auf dem Aortogramm trotz der bereits abgeklungenen Füllung der Aorta lässt jedoch eher auf eine spastisch bedingte Abflussbehinderung des Kontrastmittels in den Endaufzweigungen des Gefässes schliessen. Die Ursache ist wie bei den Spasmen der Beingefässe in der Reizwirkung des Kontrastmittels zu suchen. Im Anschluss an

diese vasomotorisch bedingte Stase ist es vermutlich zur Obliteration einzelner Gefäßabschnitte gekommen. ROBY und MC KAY halten auch einen durch das Aortentrauma reflektorisch hervorgerufenen Spasmus der Mesenterialarterie für möglich.

Bei unserem Patienten hätte sich bei dieser Genese das Gefäß jedoch nicht so deutlich darstellen dürfen.

Gegen einen embolischen Verschluss und für eine allmählich fortschreitende Obliteration der A. mesenterica caudalis spricht der Verlauf der Komplikation, da die Ernährungsstörungen erst zwei Wochen nach der Aortographie zur Perforation des Colon führten.

FALL 5:

Bei einem anderen Patienten traten eine Woche lang nach der Aortographie subileusartige Beschwerden auf ohne röntgenologisch nachweisbare Ursache. Wahrscheinlich hat es sich in diesem Fall um eine vorübergehende, durch Gefäßspasmen ausgelöste Ernährungsstörung des Darmes gehandelt, von der sich dieser in einer Woche wieder erholt hatte. Möglicherweise hat in dieser Zeit auch ein Kollateralkreislauf die Funktion eines kleinen obliterierten Endastes der Mesenterialarterie übernommen.

Zur Verhütung dieser schweren Zwischenfälle durch Ausfall einer Mesenterialarterie nach Aortographie lässt sich kaum etwas anführen. Wie für alle durch die Kontrastmittel ausgelösten Komplikationen wird auch in diesem Fall die Verwendung eines reizlosen Kontrastmittels die wesentlichen Gefahren bannen.

(A III) 3. Schädigung parenchymatöser Organe.

MC AFEE berichtet einen Zwischenfall, bei dem es durch einen starken Spasmus der Aorta zu einem Abfluss des Kontrastmittels vor allem über den Truncus coeliacus kam. Der betreffende Patient starb nach einem Monat an einer nekrotisierenden Arteriitis und einer hämorrhagischen Entzündung des Pankreas, der Nebennieren und der Gallenblase. Der Verfasser führt dieses bedrohliche Krankheitsbild auf die irritierende Wirkung des Kontrastmittels Diotrast zurück, welches durch den heftigen Aortenspasmus in grosser Menge die betroffenen Organe erreichte.

Im allgemeinen sind die Organe, die von Arterien versorgt werden, welche nicht direkt aus der Aorta entspringen, bei der Aortographie nicht gefährdet. Wahrscheinlich ist die Kontrastmittellösung, bis sie Leber, Pankreas oder Nebennieren erreicht, bereits durch den Blutstrom so verdünnt, dass eine Berührung mit den differenzierten Geweben harmlos verläuft. Dass es bei Zufuhr unverdünnter Kontrastmittel zu entzündlichen Reaktionen kommt, beweisen ausser dem oben angeführten Fall die Erfahrungen von HODGES und ROBINSON. HODGES beobachtete nach irrtümlicher Injektion von 70 %igem Diotrast unmittelbar ins Pankreas eine akute Pankreatitis, die ohne Folgen ausheilte. ROBINSON erlebte infolge

einer unbeabsichtigten Darstellung des Truncus coeliacus mit 20 ccm 70.%igem Urokon sodium eine Pankreasnekrose mit tödlichem Ausgang. Da diese Zwischenfälle jedoch in erster Linie auf einem technischen Irrtum beruhen, sollen sie in diesem Zusammenhang nicht näher erörtert werden.

Die weitaus häufigsten Komplikationen nach lumbaler Aortographie sind Nierenschäden verschiedenen Grades. Sie betragen mehr als 20 % aller Zwischenfälle und übertreffen damit sogar noch die Häufigkeit der Paravasate. Auch sie können auf dem Boden einer irrtümlichen Astinjektion entstehen, doch sind über 50 % der Nierenkomplikationen auf eine jede hohe Aortographie begleitende Füllung der Aa. renales zurückzuführen. Ein stärkerer Abfluss des Kontrastmittels über die Nierenarterien ist zweifellos bei einem hohen Aortenverschluss gegeben, so dass die Gefährdung dieser Patienten besonders gross ist und von vielen Autoren nachdrücklich betont wird. Einige Fälle aus dem Schrifttum, bei denen es bei einer Obliteration der Aorta zu einer Niereninsuffizienz kam, gibt Tabelle VII wieder.

TABELLE VII:

Autor	Zahl der Fälle	Grad des Nierenschadens
TARAZI und Mitarbeiter	1	Todesfall durch Urämie
KLINGENBERG	1	vorübergehende Niereninsuffizienz
CRAWFORD und Mitarbeiter	5	totale Niereninsuffizienz mit Urämie oder vorübergehende Schädigungen

Die klinischen Symptome der durch die Aortographie verursachten Nierenschäden entsprechen dem Krankheitsbild der akuten oligurischen Nephrose, im amerikanischen Schrifttum als "lower nephron nephrosis" bezeichnet (82, 24). Diese Erkrankung kann durch Urämie zum Tode führen. In manchen Fällen beweist sie jedoch eine ausgesprochen gute Heilungstendenz bis zur "restitutio ad integrum". Folgende klinische Erscheinungen werden in verschiedenen starker Ausprägung beobachtet:

1. Druckschmerzhaftigkeit der Nierenlager.
2. subfebrile bis febrile Temperaturen.
3. Oligurie, eventuell auch Anurie oder Hämaturie.
4. Anstieg des systolischen und diastolischen Blutdrucks.
5. Rest-N-Erhöhung bis zu 200 mg% (Wert von Edling und Helander).
6. Albuminurie, im Sediment: Erythrozyten, Leukozyten, granulierte und hyaline Zylinder.

Um das klinische Bild und die pathologischen Befunde der Nierenkomplikationen abzurunden und zu veranschaulichen, diene ein Fall aus dem eigenen Krankengut, bei dem es allerdings durch eine technische Unzulänglichkeit zu ei-

ner erheblichen Niereninsuffizienz kam. Da die Ursache auch bei diesem Patienten letztlich in einer Berührung des Nierengewebes mit dem Kontrastmittel liegt und die Auswirkungen gleich sind, soll die Krankengeschichte bereits an dieser Stelle angeführt werden:

FALL 6:

Ein 42 jähriger Patient mit klassischem Leriche-Syndrom wird am 23. 11. 1951 in Pentothal-Narkose aortographiert, um die genaue Ausdehnung der Aortenthrombose zu erfassen. Es werden 60 ccm 70 %iges Joduron zwischen dem 1. und 2. Lendenwirbel mit kranialer Injektionsrichtung unter 2 Atmosphären Überdruck injiziert. Das Aortogramm zeigt keinerlei Füllung der Aorta. Dagegen sind beide Nieren und die A. mesenterica cranialis sowie kleine Gefäße, die dem Netz angehören, gut dargestellt. Auf der rechten Seite sieht man den Wirbelsegmenten entsprechende Arterien sowie ein Gefäß in Verlaufsrichtung der A. ilica interna (s. Abbildung 5a und b).

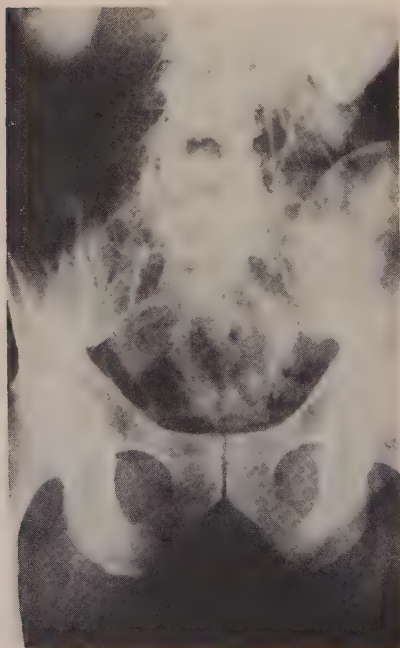


ABBILDUNG 5a

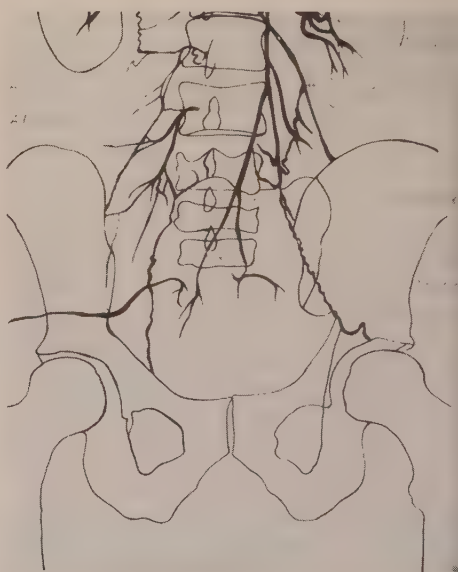


ABBILDUNG 5b

Nach 15 Minuten wird die Punktion mit 60 ccm 70 %igem Joduron wiederholt, um einen Irrtum in der Beurteilung des Aortenzustandes auszuschließen. Das zweite Aortogramm ergibt keinen veränderten Gefäßbefund (s. Abbildung 5c und d).



ABBILDUNG 5c

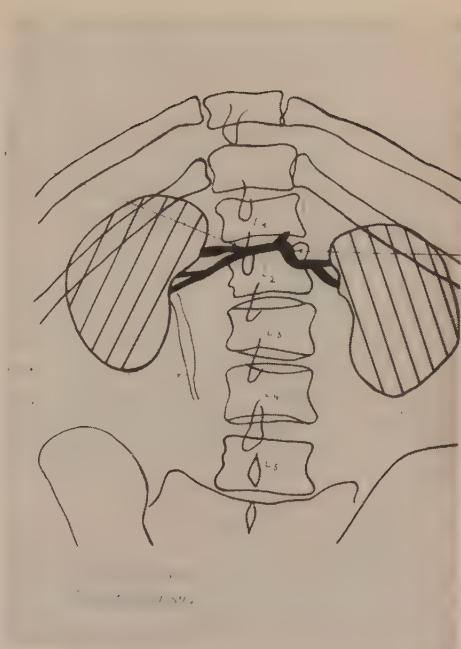


ABBILDUNG 5d

Die Injektionsnadel liegt dieses Mal genau an der Abgangsstelle der linken A. renalis. Beide Nieren sind dicht gefüllt. Kontrollaufnahmen der Beine lassen keine Gefäßschatten erkennen. Die röntgenologische Diagnose lautet: kompletter Aortenverschluss dicht unterhalb der Aa. renales.

Am Tage nach der Aortographie ist der Blutdruck von 135/80 auf 185/85 mm Hg angestiegen. Der Patient hat noch nicht uriniert. Auch auf die Injektion von 1 ccm Doryl hin erfolgt keine Blasenentleerung. Am 25.11. besteht die völlige Anurie weiterhin. Erst in der Nacht vom 25. zum 26. November werden einige ccm Urin gelassen. Der Katheterurin beträgt am 26.11. nur 5 ccm. Er ist salzig und trübe. Eine Röntgenkontrollaufnahme zeigt eine immer noch deutliche Füllung beider Nieren (s. Abbildung 5e und f).

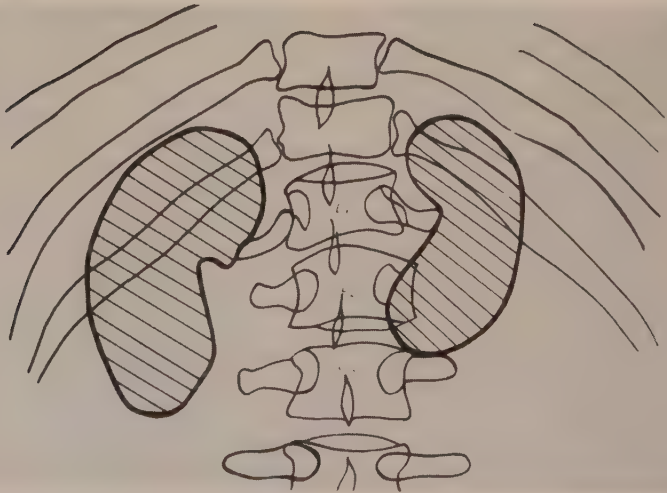
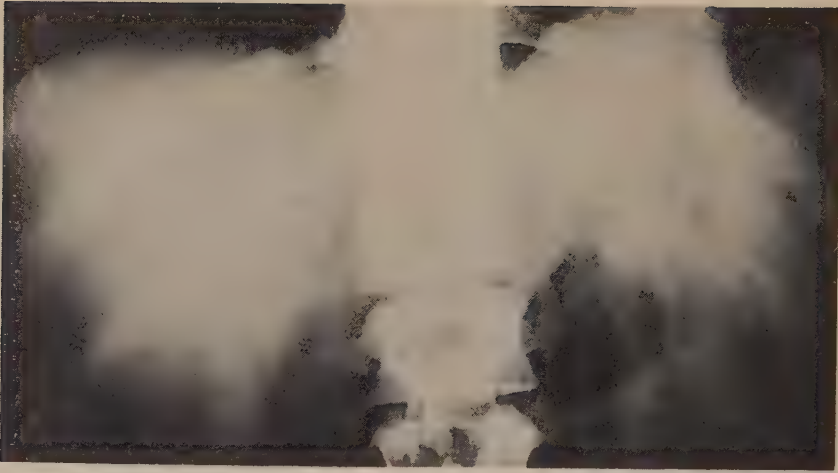


ABBILDUNG 5e

ABBILDUNG 5f

In den folgenden Tagen bewegt sich die Urinmenge zwischen 50 und 100 ccm pro Tag. Der Patient erfreut sich eines subjektiven Wohlbefindens, wenn auch eine deutliche Druckschmerzhaftigkeit beider Nierenlager und ein systolischer Blutdruck zwischen 150 - 185 mm Hg bestehen bleibt.

Am 29. 11., dem sechsten Tag nach dem Eingriff, ergibt der Urinbefund: eine Sedimenthöhe von 6 mm, im Sediment zahlreiche granulierte und hyaline

Zylinder, zahlreiche Erythrozyten, Leukozyten und Bakterien, Plattenepithelzellen, Rundepithelzellen und Nierenepithelzellen. Die Esbach'sche Probe zeigt 8,5 ‰ Albumine.

Der Rest-N ist am 3.12. auf 160 mg% gestiegen. Der Patient erbricht und wird somnolent. Es besteht ein ausgeprägtes Gesichtsoedem und ein urinöser foetor ex ore. Der RR beträgt 168/90 mm Hg; der Eiweissniederschlag im Urin ist dagegen erheblich verringert. Am 4.12. ist der Zustand bis auf eine Zunahme des Gesichtsoedems unverändert. Nach einem Aderlass von 550 ccm Blut lassen Brechreiz und Somnolenz schlagartig nach. Der Patient wird zur weiteren Behandlung in die medizinische Poliklinik verlegt. Hier werden zur Anregung der Diurese Kurzwellendurchflutungen der Nieren vorgenommen. Dreimal wird eine paravertebrale Sympathikusblockade zur Förderung der Nierendurchblutung ausgeführt, dazu werden täglich 0,24 g Euphyllin injiziert.

Am 12.12. werden Blutegel im Bereich von D₈ bis D₁₀ angelegt. Der herbeigeführte Blutverlust beträgt ca. 400 ccm. Daraufhin überschreitet die Harnausscheidung erstmals 500 ccm. Am 20.12. beträgt der Rest-N nur noch 52 mg%. Bis zum 28.12. hat sich der Zustand von seiten der Nieren weitgehend normalisiert. Das Sensorium ist völlig frei, der Rest-N beträgt 26 mg %. Der urinöse foetor ex ore fehlt, der Blutdruck ist auf 120/80 mm Hg abgesunken. Der Patient starb trotz völlig wiederhergestellter Nierenfunktion am 1.1.1952 an den Folgen einer unaufhaltsam fortschreitenden Gangrän beider Beine auf Grund einer Endangitis obliterans.

Bei der Sektion können an den Nieren des Patienten deutlich pathologische Veränderungen als Ausdruck des abgelaufenen krankhaften Geschehens nachgewiesen werden. Beide Organe zeigen bei mässiger Schwellung eine unregelmässige Blutverteilung. Es besteht beiderseits eine mittelstarke Pyelitis. Die histologische Untersuchung ergibt für beide Nieren eine nicht sehr ausgedehnte, aber deutliche Atrophie des Tubulusparenchyms. Die Glomeruli liegen dichter nebeneinander als normalerweise. Sie sind vorwiegend blutarm und erscheinen verhältnismässig zellreich. Regelrecht herdförmige Rindenveränderungen finden sich nicht. Die Arterien des Nierenparenchyms verlaufen leicht geschlängelt und zeigen eine mässige Sklerose ihrer Intima.

Wichtig für die Differentialdiagnose der Ursachen der geschilderten Komplikation ist ausserdem der Zustand der Aorta. Diese ist unmittelbar unterhalb des Abganges der Nierenarterien durch einen allseits wandadhaerenten älteren Thrombus verschlossen, der fingerförmig in die linke A. renalis hineinragt. Der Thrombus ist beweglich, so dass er bei Veränderungen seiner Lage auch die rechte A. renalis verschliessen kann. Der Zeitpunkt seiner Entstehung ist nicht eindeutig zu bestimmen. Weiterhin weist die Aorta eine Lipoidose und eine beetartige Atheromatose auf. Ein derartiger Herd befindet sich z.B. unmittelbar unter der Ursprungsstelle der linken A. renalis.

Die histologischen Untersuchungen des Nierenparenchyms entsprechen den Veröffentlichungen von MC AFEE, der neben einer Nekrose des Tubulusepithels ebenfalls histologische Veränderungen an den Glomeruli beobachtete.

Im Schrifttum werden die in Tabelle VIII zusammengestellten Ursachen für das Auftreten von Nierenschäden verantwortlich gemacht. Es wurden nur die Fälle aufgeführt, bei denen keine Fehlinjektionen einer A. renalis vorlagen.

TABELLE VIII:

Autor	Zahl der beobachteten Fälle	Kontrastmittel	angeführte Ursache
CRAWFORD u. Mitarbeiter	8	70 % Urokon oder 80 % sodium iodide	zu hohe KM-Dosis
MC AFEE	11	?	zu hohe Dosis
LARSSON u. Mitarbeiter	2	30 ccm 70 % Umbradil	Zustand der Nieren
KUNLIN u. Mitarbeiter	1	24 ccm Thorotrast	Bestehende Nierenatrophie, Injektionsdruck von 3 kg
MILLER u. Mitarbeiter	4	70 % Diodrast	Toxizität des KMs, Überempfindlichkeitsreaktionen, vasomotorische Reaktionen
BEALL u. Mitarbeiter	?	70 % Urokon	Toxizität und Dosierung des KMs
TARAZI u. Mitarbeiter	2	50-100 ccm 70 % Urokon	Aortenobliteration und KM-Dosierung
KLINGENBERG	1	?	Injektionsdruck, Aortenobliteration
JOSSELSOHN u. Mitarbeiter	1	15 ccm 75 % Neofopax	Bestehendes Nierenleiden
ROY	?	?	Wirkung org. Jodverbind.
CHRISTMAN u. Mitarbeiter	1	?	Wirkung org. Jodverbind. hoher Konzentration
ALWALL u. Mitarbeiter	8	22-80 ccm 60-70 % Urokon	Bestehender Nierenschaden, KM-Dosierung

Der weitaus grösste Teil der Autoren sieht den Grund für die Nierenschädigungen demnach in der Menge des injizierten Kontrastmittels. MC AFEE betont ausdrücklich, dass sich bei der Injektion von mehr als 40 ccm die Zahl der renalen Komplikationen verdreifachte. LOOSE hatte dementsprechend bei der Verwendung von nur 25 ccm 70 %igem Joduron keinerlei Zwischenfälle zu ver-

zeichnen. BEALL und seine Mitarbeiter aortographierten 200 Patienten mit 25 ccm oder weniger 70 %igem Urokon gefahrlos, während bei der Injektion von mehr als 30 ccm 7 % der untersuchten Patienten Nierensymptome zeigten. Besonders gefährdet scheinen Patienten mit einem bereits vor der Aortographie bestehenden Nierenleiden zu sein. Bei diesen wurde eine Verschlimmerung der Erkrankung auch bei geringen Kontrastmitteldosen beobachtet. Über die Auswirkung einer vorhandenen Aortenobliteration wurde bereits zu Beginn des Kapitels gesprochen. KUNLIN und Mitarbeiter sowie KLINGENBERG messen ausserdem dem Injektionsdruck eine gewisse Bedeutung zu, obwohl die kurze Erhöhung des Aorteninnendruckes während der Injektion kaum zu nephrotischen Erscheinungen führen dürfte. Die Höhe des Injektionsdruckes ist wahrscheinlich insofern bedeutsam, als bei hohem Druck verhältnismässig mehr Kontrastmittel in der Zeiteinheit über die Aorta die Aa. renales erreicht. Untersuchungen von BEALL und Mitarbeitern an Hunden mit 70 %igem Urokon zeigten bei der Beobachtung des renalen Blutstroms und der Clearance, dass die hämodynamische Antwort der Nieren auf die Injektion von Urokon in die Aorta ein Spasmus der Nierenarterien ist. Dieser kann bis zu zwei Stunden andauern. Die normale Nierenfunktion ist allein durch die vorübergehende, spastisch bedingte Anoxie für einige Tage beeinträchtigt, wenn es daneben nicht noch durch die Überflutung dieser empfindlichen Organe mit Kontrastmittel zu anatomischen und funktionellen Schädigungen kommt. Die Zeit der Wiederherstellung der normalen Zirkulation schien primär von der Menge des injizierten Kontrastmittels abhängig.

Bemerkenswerterweise wird im berücksichtigten Schrifttum keine Thrombose der Aa. renales nach Aortographie erwähnt. Die Zwischenfälle sind also vermutlich Ausdruck einer unmittelbaren Beeinflussung der Nierenarteriolen und Nierenkapillaren und damit auch des Nierenparenchyms selbst. Die Schädigung ist umso grösser, je mehr Kontrastmittel die Nieren in hoher Konzentration erreicht. Wahrscheinlich wird in den Tubulusepithelien durch die hypertone Lösung und den Jodgehalt des Kontrastmittels ein entzündlicher Reiz gesetzt, der zur Degeneration des geschädigten Gewebes führt. Sicherlich spielt hier die von ZINNER und GOTTLÖB nachgewiesene Permeabilitätsstörung der Kapillarendothelien eine entscheidende Rolle.

In unserem Fall ist für die Auslösung des Zwischenfalles in erster Linie die zweimalige Punktion der Aorta und die Injektion von insgesamt 120 ccm 70 %igem Joduron verantwortlich. Beide Aortogramme zeigen die dichte Füllung der Nieren, wobei auf der zweiten Aufnahme die Kanüle ausserdem in der Abgangsstelle der linken A. renalis liegt. Obwohl eine Urinuntersuchung vor dem Eingriff keine pathologischen Befunde ergab, wird eine leichte, durch die generalisierte Arteriosklerose hervorgerufene Nierenschädigung vermutet, so dass die Organe besonders empfindlich auf den Kontrastmittelreiz reagierten. Der bei der Sektion gefundene fingerförmig in die li. A. renalis hineinragende Thrombus konnte altersmässig nicht sicher auf die Aortographie zurückgeführt werden. Da

jedoch beide Nieren in fast gleichem Ausmass von den degenerativen Prozessen befallen sind, wird eine durch diesen Thrombus verursachte Ernährungsstörung fraglich. Ausserdem waren zur Zeit des Todes die klinischen Nierensymptome bereits abgeklungen.

Die verschiedentlich gemachten Vorschläge, zur Verhütung von Nierenschäden die Kontrastmittelmenge auf 30 ccm zu beschränken, sind vor allem auf Patienten mit einem hochgradigen Aortenverschluss anzuwenden. In diesem Zusammenhang ist noch besonders zu betonen, dass Nierenkomplikationen nach Verwendung von Urografin nicht bekannt sind! SCHRADER hat Urografin in Mengen bis zu 120 ccm pro Untersuchung ohne Folgen injiziert. Um den Patienten zu schonen und gute Aortogramme zu erhalten, ist deshalb wiederum Urografin das Mittel der Wahl. - Vorsichtsmassnahmen im Hinblick auf die Technik der Aortographie werden im Kapitel über die auf technische Mängel zurückzuführenden Zwischenfälle ausführlich behandelt.

(A III) 4. Schädigung des Rückenmarks.

Unter den Komplikationen ernster Natur nach lumbaler Aortographie nehmen Erkrankungen des Rückenmarks eine bedeutende Stellung ein. Aus dem Schrifttum sind sechzehn Fälle von Rückenmarksschäden bekannt geworden, von denen über die Hälfte tödlich ausgingen. Zum besseren Verständnis dieser Zwischenfälle soll einleitend eine kurze Betrachtung der Gefässversorgung des Lendenmarkes eingefügt werden. Dieses wird von den Rami spinales der Aa. lumbales versorgt, welche segmentär in Höhe von $L_1 - L_4$ lateral paarig aus der Aorta abdominalis entspringen. Das Versorgungsgebiet dieser Rami spinales variiert und hat nach cranial schwankende Grenzen. Bei tiefen Aortenverschlüssen bewältigen die Lumbalarterien zusätzlich einen Teil der Kollateralkreisläufe und sind dann vielfach erheblich erweitert.

Die überwiegende Mehrzahl der Komplikationen entstand durch Kontrastmittelzufuhr über die Lumbalarterien zur Medulla spinalis bei einer technisch gelungenen Aortographie. Nur bei einigen Patienten wurde die Lösung unmittelbar in den Wirbelkanal injiziert (82).

Das klinische Bild der Rückenmarksschäden entspricht bei den meisten Patienten dem der Paraplegie oder Querschnittsmyelitis. Unmittelbar im Anschluss an den Eingriff oder manchmal auch erst einige Stunden später macht sich eine schlaffe Lähmung mit völliger Anaesthesie oder hochgradiger Hypaesthesie vom 8. bis 11. Thorakalsegment an abwärts bemerkbar. Vereinzelt bleibt das Lage- und Vibrationsgefühl in der unteren Extremität erhalten. Ausserdem besteht eine Inkontinenz für Harn und Stuhl. Die Lähmungen zeigen meistens eine geringe Besserung durch Wiedereinsetzen der Tätigkeit des Blasen- und Mastdarmsphinkters. Die schlaffe Parese geht allmählich in eine spastische über (82, 5, 121, 1, 17, 55, 6, 51).

Bei einigen Patienten zeigten sich die schweren Erscheinungen schon während der Injektion des Kontrastmittels durch Krämpfe der unteren Extremitäten an (51, 82, 1).

Zehn Patienten verstarben an den Folgen der Querschnittslähmung. Die häufigste Todesursache war ein ausgeprägtes Lungenödem, das auf eine Lähmung der unteren Interkostalmuskeln zurückgeführt wird (82, 84). Ein Patient starb nach zwei Monaten an ausgedehnten Dekubitalgeschwüren und einer therapieresistenten Cystopyelitis (51), ein weiterer 3 Monate nach der Aortographie an septischen Erscheinungen und einer Bronchopneumonie (6).

Die mehrfach ausgeführten Sektionen und histologischen Untersuchungen des Rückenmarkes ergaben folgende Befunde: Makroskopisch beobachtete nur GOTTLOB eine leichte Trübung der weichen Rückenmarkshäute im 1. Lumbalsegment. Mikroskopisch konnten degenerative Prozesse sowohl der grauen als auch der weissen Rückenmarkssubstanz in wechselnder Ausdehnung nachgewiesen werden. Die graue Substanz zeigte eine Zellverminderung durch herdförmige nekrotische Einschmelzungen, z.T. mit Vakuolenbildung (82, 1, 84, 6, 117). Die Strangsysteme waren durch Verlust der Myelinscheiden gekennzeichnet (51, 6, 1). Eine Thrombose der Lumbal- oder Spinalarterien wurde in keinem der daraufhin untersuchten Fälle gefunden.

Damit scheidet diese Genese für die beobachteten Rückenmarksveränderungen aus, zumal auch in den Tierexperimenten von ALBERT und LEJEUNE-LEDANT niemals thrombotische Verschlüsse der Lumbalarterien durch eine Aortographie herbeigeführt werden konnten.

Da die graue Substanz des Rückenmarks sehr empfindlich auf Sauerstoffmangel reagiert, ist ein durch das Aortentrauma oder die Reizwirkung des Kontrastmittels reflektorisch ausgelöster Spasmus als Ursache der degenerativen Prozesse denkbar (MC AFEE, ABESHOUSE und TIONGSON).

Die histologischen Rückenmarksbefunde weisen jedoch sehr viel Ähnlichkeit mit einer toxisch bedingten Myelitis nach bestimmten Infektionskrankheiten auf, so dass eine toxische Schädigung des Gewebes durch das Kontrastmittel von allen Autoren für wahrscheinlicher gehalten wird. HOL und SKJERVEN zeigten im Tierexperiment, dass es durch die Giftwirkung der injizierten Präparate tatsächlich zur Aufhebung der Blut-Liquor-Schranke kommt. Dieses Ergebnis wurde auch von BROMAN in Tierversuchen über cerebrale Arteriographie erhalten: Wird nach der Arteriographie oder Aortographie ein Farbstoff (z.B. Trypanblau) i.v. gespritzt, färbt sich das Nervengewebe in den von Kontrastmittel erreichten Gebieten pathologischerweise an. Damit ist die unmittelbare Einwirkung der Kontrastmittel auf die Medulla spinalis bewiesen.

Tabelle IX gibt einen Überblick über Art, Menge und Konzentration der Substanzen, deren Injektion einen Rückenmarksschaden hervorrief.

TABELLE IX

Autor	Kontrastmittel	Konzentration	Menge
WERTHEIMER	Diodone	70 %	40 ccm
ABESHOUSE und TIONGSON	Urokon	70 %	30 ccm
MC CORMACK	Urokon	70 %	50 ccm
BOYARSKY	Urokon sodium	70 %	15 ccm
GROSSMANN und KIRTLEY	Urokon	70 %	22 ccm
GOTTLOB	Joduron	70 %	25 ccm

Auffallend sind die niedrigen Dosen und die Häufigkeit der Zwischenfälle nach Urokon. Zwei Patienten wurden zweimal punktiert, jedoch insgesamt mit den in TABELLE IX angegebenen Mengen. Da die restlichen 14 Komplikationen nach einmaliger Punktion auftraten, erscheint diese Tatsache belanglos.

Bei der überwiegenden Mehrzahl der aortographierten Patienten traten selbst bei Injektion von grösseren Kontrastmitteldosen keinerlei Erscheinungen von seiten des Rückenmarks auf, so dass die Vermutung naheliegt, dass bestimmte Umstände einen verstärkten Abfluss des Kontrastmittels über die Aa. lumbales begünstigen. Besonders gefährdet scheinen auch hier wiederum Patienten mit einem kompletten Aortenverschluss (55, 84). Hierbei können die Lumbalarterien bekanntlich als Teile eines Kollateralkreislaufes erweitert sein und so der Medulla spinalis vermehrt Kontrastmittel zuleiten. Weiterhin könnte der Entspannung des Körpers in der Narkose und unter der Wirkung von Muskelrelaxantien eine gewisse Bedeutung zukommen, da die Aorta in der zum Eingriff notwendigen Bauchlage des Patienten von ventral her durch die Last des Körpergewichtes komprimiert wird und der Abfluss vermehrt über die lateral entspringenden Aortenäste erfolgt. Als gefährlich gilt seit der Veröffentlichung von ANTONI und LINDGREN auch ein unter den Bauch geschobenes Kissen, welches die Kompression der Aorta zusätzlich verstärkt (82, 115, 59). In Tierversuchen von ALBERT und LEJEUNE-LEDANT führte eine Beckenkompression in allen Fällen zu Lähmungen mit tödlichem Ausgang.

Da Paraplegien aber auch ohne die o. a. Umstände auftreten können (Fälle von WERTHEIMER, BOYARSKY, GOTTLOB, ABESHOUSE und Mita.) unterliegt diese Komplikation der Kontrolle des untersuchenden Arztes nicht, bis ein nachweislich unschädliches Kontrastmittel gefunden ist. Vergleichende Tierexperimente von GOTTLOB und Mitarbeitern mit verschiedenen Kontrastmitteln fielen zu Gunsten des auch sonst gut verträglichen Urografins aus. Die Verfasser betonen jedoch ausdrücklich, dass sich lediglich das Verhältnis zwischen der Zahl der experimentellen Aortographien und den aufgetretenen Paraplegien für trijodierte Kontrastmittel vom Urografintyp günstiger gestaltete als bei dijodierten Präpara-

ten. Sie warnen ausserdem vor Lösungen mit hohem osmotischen Druck, da nach Injektion von hypertonischer Kochsalzlösung in die Aorta von Kaninchen bei allen Tieren Lähmungen auftraten.

Ausser den erwähnten schweren Fällen wurden vereinzelt auch leichtere neurologische Komplikationen beobachtet. So z. B. einseitige Ausfälle der von Ästen des N. ischiadicus oder N. obturatorius innervierten Muskelgruppen (82). GOTTLOB hat einen Zwischenfall erlebt, bei dem eine transitorische Miktionsstörung und eine zunächst schlaffe und dann spastische Parese des linken Beines auftrat, die sich ebenfalls zurückbildete. Abschliessend sei zu diesem Kapitel über Zwischenfälle, welche durch allgemeine oder örtliche Kontrastmittelwirkungen verursacht wurden, ausdrücklich betont, dass im Krankengut der Chirurgischen Poliklinik seit der ausschliesslichen Verwendung des Kontrastmittels Urografin keine derartig ernststen Folgen mehr beobachtet wurden.

B. KOMPLIKATIONEN, HERVORGERUFEN DURCH TECHNISCHE MÄNGEL BEI DER AORTOGRAPHIE UND ARTERIOGRAPHIE

Neben den Gefahren verbunden mit der intraarteriellen Injektion verhältnismässig grosser Mengen körperfremder, toxisch wirkender Stoffe, spielt die Gefährdung des Patienten durch den Eingriff als solchen eine entscheidende Rolle. Zwar sieht man heute weitgehend von der operativen Freilegung der Gefässe ab, doch bedeutet allein die perkutane Punktion der Aorta und der grossen Beingefässe eine Belastung für den Organismus, so dass man sogar den Standpunkt vertritt, dass der Patient vor der angiographischen Untersuchung genauso seine schriftliche Einwilligung erteilen muss wie vor jeder anderen Operation (115).

B I. Gefahren durch die sowohl zur Aortographie als auch zur Arteriographie notwendige Betäubung

Die technischen Probleme beginnen bereits mit der Wahl der Betäubung. Da sowohl die Punktion als auch die Berührung des Kontrastmittels mit der Gefässintima erhebliche Schmerzen verursachen, ist der Untersucher gezwungen, den Patienten diese Schmerzempfindungen zu ersparen.

Man hat sich seit der Durchführung der arteriellen Angiographie aller zur Verfügung stehenden Narkosearten von der schonenden Intubationsnarkose bis zur einfachen Lokalanästhesie bedient. Letztere bedeutet zweifellos für den Patienten die geringste Beanspruchung und wird von mehreren Autoren anempfahlen (79, 80, 113, 83, 120, 86, 19). Da die lokale Betäubung jedoch den Schmerz bei der Verteilung des Kontrastmittels im Gefässbaum nicht ausschaltet (40, 42), wird allgemein eine Kurznarkose mit Pentothal, Evipan oder Aether ausgeführt, die dem Patienten auch das Miterleben des Eingriffes erspart. Vereinzelt

wird noch eine Spinal-, Epidural- oder Periduralanaesthesie gemacht (42, 24, 71, 34, 40, 74).

Zwischenfälle sind nur bei der parapulmonalen Anaesthesie mit Pentothal aufgetreten. Bei acht Patienten kam es zu schweren Laryngospasmen, zum Teil mit akutem Herzstillstand (82, 86, 65). Drei Patienten fanden so in der Narkose den Tod. - Ob diese Folgen auf einer Überdosierung des Narkotikums beruhen, ist nicht bekannt. Eine fördernde Wirkung scheint jedenfalls der Lagerung des Patienten in Pronationsstellung zuzukommen. Für diese Annahme spricht die Tatsache, dass Laryngospasmen nur bei der Aortographie, nicht aber bei der Arteriographie, die in Rückenlage vorgenommen wird, beobachtet wurden.

An der Chirurgischen Poliklinik der Universität München werden alle Aorto- und Arteriographien im Evipan- oder Pentothalrausch ausgeführt. Nur in den ersten Jahren wurde in Vollnarkose aortographiert. Seit einigen Monaten benutzen wir folgendes Betäubungsverfahren mit Erfolg: Vor Beginn der eigentlichen Narkose werden 2 ccm Dolantin i. v. verabreicht. Erst dann wird sehr langsam ein viertel bis ein halbes Gramm Pentothal i. v. gespritzt. Der Patient bleibt auf diese Weise ansprechbar, obwohl er den Eingriff nicht bewusst erlebt, und ist während der Röntgenaufnahmen fähig, seinen Körper aus eigener Kraft ruhig zu halten.

Vor Anwendung dieser Betäubung wurde die arterielle Angiographie im tiefen Rausch mit Pantolax zur Ausschaltung der Atem- und Abwehrbewegungen vorgenommen. Die Erfolge im Hinblick auf gute Angiogramme waren befriedigend, jedoch trat bei zwei Patienten im Anschluss an die Narkose ein bedrohliches Herz-Kreislaufversagen durch verlängerte Apnoe auf, die in einem Fall über 2 Stunden anhielt. Ähnliche Erscheinungen nach Pantolaxgaben in vorschriftsmässiger Dosierung werden auch im Schrifttum wiederholt erwähnt (60, 92). Zwar gelang es in den eigenen, wie in den berichteten Fällen die Spontanatmung durch künstliche Beatmung mit dem Intubationsgerät und durch Injektion von atmungsanregenden Mitteln wieder auszulösen, doch halten wir es für überflüssig, bei der ohnehin nicht ungefährlichen Untersuchung den Patienten zusätzlichen Gefahren durch Muskelrelaxantien auszusetzen. Ein weiterer Hinderungsgrund für die Anwendung dieser Präparate bei der Aortographie ist die Erschlaffung der Bauchdecken, wodurch eine Kompression der Aorta in Bauchlage begünstigt wird. Diese Kompression muss jedoch zur Verhinderung von Rückenmarksschäden durch das Kontrastmittel unbedingt vermieden werden.

Zur Ausschaltung der gefürchteten Laryngospasmen im Pentothalrausch sei abschliessend bemerkt, dass sich eine Vorbehandlung mit Atropin bewährt hat (15, 111). Bei gefährdeten Patienten wäre gegebenenfalls bei der Aortographie die Lokalanästhesie vorzuziehen, da eine Aortographie von vielen Patienten als weniger schmerzhaft empfunden wird, als die Arteriographie der Femoralarterien (86).

B II. Zwischenfälle durch technische Mängel bei der Aortographie

Die grösste technische Schwierigkeit bei der lumbalen Aortographie besteht darin, dass die Aorta mit einer ausreichend langen Injektionsnadel blind aufgesucht werden muss. Die klinische und noch heute am meisten geübte Methode ist die bereits von DOS SANTOS angegebene perkutane, direkte Punktion der Aorta lumbalis. Man punktiert je nach Ausdehnung des gewünschten Aortogramms entweder in Höhe des 12. Brust- bis 1. Lendenwirbels (= hohe lumbale Aortographie) oder in Höhe des 2. bis 3. Lendenwirbels (= tiefe lumbale Aortographie). Eingestochen wird 5 - 7 cm links neben der Medianlinie in Richtung auf den in der gleichen Ebene liegenden Wirbelkörper. Ist dieser erreicht, lässt man die Nadelspitze an ihm entlang nach vorn gleiten und trifft dort bei normalen anatomischen Verhältnissen mit ziemlicher Sicherheit die Aorta. Dies macht sich durch rhythmischen Blutaustritt aus der Kanüle bemerkbar. Zur Aortographie wurden von HERION und BUCHTALA Spezialkanülen entwickelt, deren Hauptmerkmal ein stumpfer Mandrin ist. An der Chirurgischen Poliklinik der Universität München wird der Eingriff mit gewöhnlichen 10 cm langen Punktionsnadeln ausgeübt. Die Punktion der Aorta nach den Angaben von DOS SANTOS hat sich bisher als einzige Methode allgemein bewährt, während sich andere Vorschläge wie z.B. die peroesophageale Punktion der Aorta nach EULER nicht durchzusetzen vermochten.

(B II) 1. Paravasale Injektionen ins periaortale Gewebe.

Als technischer Mangel der perkutanen Aortographie werden unbeabsichtigte Injektionen des Kontrastmittels ins periaortale Gewebe auch in den zuverlässigsten Arbeiten zahlreich erwähnt. Grosse Bedeutung kommt den sogenannten Para- oder Extravasaten allerdings nicht zu, obwohl die Häufigkeit ihres Vorkommens zwischen 2,5 % bei REAGEN und CAROLLI und 11,8 % bei LARSSON und PALMLÖÖ liegt.

Die klinischen Symptome der Extravasate sind durchweg gering und äussern sich meistens in Schmerzen mit oder ohne leichten Temperaturanstieg (111, 71, 58, 83). LARSSON und PALMLÖÖ schildern einen Fall etwas ausführlicher, bei dem 2 - 3 Stunden lang nach der paravasalen Injektion des Kontrastmittels heftige Schmerzen in der Zwerchfellgegend auftraten. Zwei Tage klagte der Patient dann noch über leichte Stiche in diesem Gebiet. Eine Röntgenaufnahme zeigte ein kleines Pleuraexsudat im Zwerchfellrippenwinkel, wobei sich die Frage erhebt, ob es sich um einen Reizerguss auf Grund des Paravasates oder einer zusätzlichen Verletzung der Pleura durch die Injektionsnadel gehandelt hat. Zu stärkeren Schmerzen führte auch ein von ANTHONY veröffentlichter Fall, mit einem Paravasat, welches bis ins Mediastinum hinaufreichte.

Während die Mehrzahl der Autoren Schmerzen in unmittelbarer Nähe der Punktionsstelle erwähnen, beobachteten MC AFEE und WILLSON als Ausdruck eines Extravasates mit Zwerchfellreizung Schmerzempfindungen in der linken Schulter. GOTTLOB zieht auch die mögliche Reizwirkung eines Paravasates auf das Rückenmark in Betracht. Tatsächlich berichtet ANTHONY über einen Patienten, bei dem eine Paraplegie zusammen mit einem ausgedehnten Paravasat entlang dem Psoas auftrat.

Um den Patienten die unangenehmen Schmerzen zu ersparen, spritzen LOOSE und KUNLIN und seine Mitarbeiter sofort, nachdem ein Extravasat röntgenologisch nachgewiesen wurde, Novocain in das mit Kontrastmittel infiltrierte periaortale Gewebe. PÄSSLER und LOOSE wenden ausserdem Injektionen von Hyaluronidase zur Resorptionsbeschleunigung an.

Die allgemein geringe klinische Bedeutung der Paravasate beruht auf der guten Resorbierbarkeit der modernen organischen Jodverbindungen. Folgenswerer waren Parainjektionen des radioaktiven Kontrastmittels Thorotrast, auf dessen cancerogene Wirkung bereits hingewiesen wurde.

Extravasate von Kontrastmitteln bei der lumbalen Aortographie sind unvermeidlich (106). Auch der geübte Untersucher muss zugeben, dass selbst bei anfänglich korrekter Nadelposition die Gefahr einer Dislokation derselben durch unkontrollierbare Bewegungen des Patienten oder durch plötzliche Gefässverkrampfungen gegeben ist. Sogar eine tiefe Narkose hebt diese reflektorischen Vorgänge nicht auf. Da das Kontrastmittel unter Überdruck in das strömende Blut gespritzt wird, wäre ein Zurückweichen der Nadelspitze aus dem bereits erreichten Gefässlumen denkbar. Angaben über eine Durchstechung der Aorta als Ursache für ein Paravasat werden nicht gemacht. Theoretisch möglich wäre weiterhin der Austritt von Kontrastmittel aus der Punktionsstelle nach Entfernen der Nadel aus unelastischen sklerotischen Gefässen oder bei Abflussbehinderungen durch eine Aortenobliteration. LINDGREN empfiehlt zur Vermeidung von Paravasaten eine Befestigung der regelrecht platzierten Kanüle in der Haut, schaltet damit aber die Gefahr der akuten Aortenkonstriktion nicht aus.

Da vorwiegend unbeeinflussbare Umstände zur Entstehung der Extravasate führen, werden diese wohl als Folgen der Aortographie bestehen bleiben. SCHRAEDER u. a. betonen, dass nach Parainjektion von Urografin auffallend geringe Beschwerden auftreten. Dieser Erfahrung können auch wir auf Grund zweier Fälle aus dem eigenen Krankengut zustimmen. Bei Verwendung dieses reizlosen Kontrastmittels scheiden damit auch die bedeutungslosen, aber unangenehmen Schmerzempfindungen nach Extravasaten aus, so dass man die Paravasate höchstens noch als "Schönheitsfehler" der Aortographie bezeichnen könnte.

(B II) 2. Intramurale Kontrastmittelinjektionen.

Intramurale Kontrastmittelinjektionen werden nur sehr vereinzelt als Folge der abdominellen Aortographie beschrieben. SMITH, RUSH und EVANS erwähnen

einen Patienten, bei dem 10 - 12 ccm des Kontrastmittels zwischen die Wand-schichten der Aorta gespritzt wurden. Da der Patient nach 24 Stunden an einem chronischen Herzleiden starb, konnte dieser Fehlinjektion bei der Autopsie besondere Aufmerksamkeit gewidmet werden. Die Aorta und ihre Umgebung liessen jedoch keinerlei Spuren des Eingriffes mehr erkennen. Auch LOOSE hatte nach unbeabsichtigter Intramuralinjektion keine ernsten Folgen zu verzeichnen. GAYLIST und LAWS betonen, dass es durch diesen Zwischenfall zur Bildung eines Aneurysma dissecans kommen kann. Als Beweis bringen sie zwei Fälle aus ihrer Untersuchungsreihe, die allerdings komplikationslos ausheilten, und Versuche an frischen Leichenaorten, an denen sie mit Hilfe der Herz-Lungenmaschine lebensnahe Verhältnisse schufen. Bei der Injektion des Kontrastmittels in die Aortenmedia kam es durch Bluteinbruch und Abhebung der Intima zur spontanen Bildung eines Aneurysma dissecans. Nach der Aortographie beobachtete Fälle von Aneurysma dissecans finden sich auch in Veröffentlichungen von MC AFEE und FREEMAN und seinen Mitarbeitern. Jedoch wird keine Erklärung für die Entstehung der Komplikation gegeben. Eine Intramuralinjektion als auslösende Ursache ist durchaus denkbar. Andererseits könnte es sich aber auch um die plötzliche Überdehnung einer schon vor dem Eingriff geschädigten Gefässwand handeln. KREMER erwähnt die Gefahr der spontanen Bildung eines Aneurysma dissecans nach einer Intramuralinjektion ebenfalls und weist darauf hin, dass dieses je nach seiner Lokalisation den Verschluss eines Aortenastes bewirken kann und so zur Ursache der Gangrän des betroffenen Erfolgsorganes werden kann.

Der Grund für eine Intramuralinjektion ist entweder eine zu weit vorgeschobene Nadel, eine zu wenig weit geführte Nadel oder eine im Laufe der Injektion durch Injektionsdruck oder Gefässwandkontraktionen verlagerte Nadel. Da es sich um Verschiebungen um Bruchteile von Millimetern handeln kann, sind sie für den Untersucher weder bei manueller noch bei mechanischer Einspritzung wahrnehmbar. Auch die Verankerung der Injektionsnadel in der Haut nach LINDGREN bietet deshalb keinen sicheren Schutz. Eine gewisse Beruhigung liegt für den untersuchenden Arzt in der extremen Seltenheit und der guten Heilungstendenz dieses Zwischenfalles, da kein organischer Fehler zur Entstehung des Aneurysma geführt hat. Das intramural gelegene Kontrastmittel und das nachfolgende intramurale Hämatom werden sehr schnell resorbiert.

(B II) 3. Fehlinjektionen in Aortenäste.

Bei der perkutanen, blinden Punktion der Aorta abdominalis ergibt sich aus der Anatomie dieses Gefässes zwangsläufig die Möglichkeit der irrtümlichen Punktion eines der aus dem Bauchteil entspringenden Eingeweideäste. Da die Abgangsstellen dieser Gefässe häufig individuellen Variationen unterliegen, ist auch keine allgemeingültige Regel über die Vermeidung dieses Zwischenfalles durch die Höhe der Punktion aufzustellen. Tabelle X vermittelt einen einleitenden Überblick über die aus dem Schrifttum bekannt ge-

wordenen Fälle dieser häufigen Komplikation, die für 10 Patienten zur Todesursache wurde.

TABELLE X:

(Übersicht über die nach der Aortographie aufgetretenen Fehlinjektionen).

Autor	Zahl der Fälle	punktiertes Gefäß	Kontrastmittel	Folgen
HODGES	1	V. cava caud.	Diodrast	keine
CRAWFORD u. Mitarbeiter	6	1 x A. renalis	Urokon 70 %	Tod
		4 x A. mes. cran.	?	Tod
		1 x A. mes. caud.	?	Tod
MC AFEE	18	13 x A. renalis	Diodrast	?
		3 x A. mes. cran.	oder	2 x tödl. Gangrän
		2 x A. mes. caud.	Urokon	1 x Ileus Gangrän, 1 x tödlich
LARSSON und PALMLÖÖ	1	A. ren.	Urokon	Revers. Nieren- insuffizienz
MC AFEE und WILLSON	9	3 x A. ren.	?	1 x bleibender Nierenschaden
		1 x A. Mes. cran.	Urokon	ohne Folgen
		4 x A. lumbalis	?	ohne Folgen
		1 x A. phren. caud.	?	ohne Folgen
LOOSE	20	alle mögl. Äste	Joduron 70 %	keine Folgen
MILLER und M.	2	A. ren.	Diodrast	reversible Insuff.
SMITH und M.	1	A. mes. cran.	?	keine Folgen
REAGEN und CAROLLI	1	A. mes. cran.	?	keine Folgen
BEALL und M.	1	A. ren.	?	?
STOKES und BUTCHER	2	A. hepatica	Urokon	harmlos
		A. mes. cran.	Urokon	
KLINGENBERG	1	A. ren.	?	Funktionsstörung
ANTHONY	1	A. ren.	Urokon	chem. Pyelo- nephritis

Autor	Zahl der Fälle	punktiertes Gefäß	Kontrastmittel	Folgen
ROBINSON	1	A. ren. und Truncus coeliacus	Urokon	tödliche Pankreasnekrose und Niereninsuffizienz
MELICK und VITT	1	A. ren.	sod. iodide	reversible Niereninsuffizienz
ALWALL und JOHNSON	1	A. ren.	Umbradil	Tod, da KM in die gesunde Niere
WAGNER und PRICE	1	A. mes. cran.	10 ccm Sodium iodide	Tod vermutl. durch Thrombose der A. mes. cran.
DOTTER und M.	1	A. mes. cran.	?	Dünndarmnekrose
VÖLPEL	1	A. mes. cran.	?	Dünndarmnekrose
SAUTA	1	A. mes. cran.	?	Dünndarmnekrose

Bei den eigenen Aortographien wurde ausserdem ein weiterer Fall von unbeabsichtigter Injektion in die linke A. renalis beobachtet, die im Zusammenwirken mit einer Überdosierung des Kontrastmittels zu den ausführlich beschriebenen klinischen Symptomen führte (s. S. 36 ff).

Nach Tabelle X werden die Nierenarterien, welche gewöhnlich in einer Ebene zwischen dem 1. und 2. Lendenwirbelkörper lateral aus der Aorta entspringen, am häufigsten irrtümlich punktiert. Hierbei wird meistens die rechte A. renalis getroffen, deren Abgangsstelle der Kanülenspitze bei der klassischen Punktion von links her genau gegenüberliegt. Ein versehentliches Hineingleiten der Injektionsnadel in diese Öffnung ist somit leicht möglich. Nur vereinzelt wird die linke A. renalis erreicht. Denkbar ist z. B. eine Punktion dieses Gefässes vor der Aorta, so dass das pulsierend aus der Kanüle austretende Blut eine Nadel-lage in der Aorta vortäuscht.

Folgerichtig treten nach einer Fehlinjektion einseitige Nierenschäden auf, während es z. B. bei hohen Aortenobliterationen zu einem vermehrten Kontrastmittelabfluss über beide Nierenarterien gleichzeitig kommt, und dadurch bilaterale Störungen hervorgerufen werden. Bei den unilateralen Nierenschäden handelt es sich vorwiegend um eine vorübergehende Niereninsuffizienz, bedingt durch den Ausfall der injizierten Niere. Die Krankheitsbilder verlieren quoad vitam an Ernst, da die andere Niere durch Steigerung ihrer Funktion meistens den Ausgleich herstellt (14). Nach einiger Zeit nimmt dann auch die geschädigte Niere ihre Tätigkeit voll wieder auf (87, 71, 85). Nur MC AFEE und WILLSON veröffentlichten einen Fall, bei dem sich die Störung als

irreversibel erwies und eine Nephrektomie erforderlich machte. Bedrohlich wird eine Fehlinjektion erst dann, wenn der Patient nur ein funktionstüchtiges Organ hat und dieses nach einer Fehlinjektion ausfällt. Zwei Todesfälle durch Urämie nach direkter Kontrastmittelapplikation in die Arterie der gesunden Niere sind bekannt (82, 4).

Ursache der unilateralen Funktionsstörungen ist die bereits erwähnte chemotoxische Wirkung des Kontrastmittels auf das Nierenparenchym, nur dass man in diesen Fällen nicht allein das Präparat, sondern in erster Linie die Technik des Eingriffes verantwortlich machen muss: Die Irrtümer entstehen durch das blinde, perkutane Aufsuchen der Aorta bei der hohen lumbalen Aortographie! Vermutlich hat sich bei den länger dauernden Insuffizienzen eine einseitige "akute oligurische Nephrose" ausgebildet. Die klinischen Symptome entsprechen dem im Kapitel über Kontrastmittelschäden geschilderten Bild, nur dass sie erheblich schwächer ausgebildet sind. Da sich die Insuffizienz manchmal auffallend schnell zurückbilden kann, trifft für diese Fälle vielleicht auch eine Schädigung des Nierenparenchyms durch die vorübergehende Ischämie während der Injektion oder durch einen im Gefolge der Punktion auftretenden Spasmus zu, von der sich das Organ nach wenigen Tagen erholt hat. Eine Thrombose der Nierenarterien nach Fehlinjektion ist niemals beobachtet worden! Ebenfalls gefährdet bei der Ausübung der hohen lumbalen Aortographie ist die A. mes. cran., welche die Aorta etwa in Höhe des 1. Lendenwirbels verlässt. Sie steht hinter den Nierenarterien in der Häufigkeit der aufgetretenen Fehlpunktionen an zweiter Stelle. Die Folgen für den Patienten sind durch diesen Irrtum erheblich schwerer. Vier Todesfälle werden von CRAWFORD und seinen Mitarbeitern, zwei von MC AFEE und ein weiterer von WAGNER und PRICE berichtet. Bei einem anderen Patienten kam es zu einem schweren paralytischen Ileus ohne tödlichen Ausgang (82). Wahrscheinlich sind die Todesfälle auf eine Obliteration der A. mes. cran. zurückzuführen (27, 103, 36, 116, 119), da im Anschluss an die Fehlinjektion eine akute Gangrän des Dünndarmes beobachtet wurde. Leider wurde in keinem Fall eine Sektion erwähnt, die den Beweis für diese Annahme erbracht hätte. - Neben diesen schweren, hochakuten Krankheitsbildern mit den Symptomen des paralytischen Ileus werden im Schrifttum Fehlinjektionen der oberen Mesenterialarterie ohne klin. Folgen aufgeführt (83, 79, 111, 98, 113). Auch bei einem unserer Patienten ist ein Fall von ungewöhnlich starker Füllung der A. mes. cran. mit Urografin völlig ohne klinische Symptome verlaufen.

Zu den gleichen Erscheinungen wie am Dünndarm nach irrtümlicher Injektion des Kontrastmittels in die A. mes. cran. kommt es am Colon nach versehentlicher Punktion der A. mes. caud.. Diese, ein Eingeweideast der Aorta in Höhe des 3. Lendenwirbels, wurde wiederholt bei der tiefen lumbalen Aortographie getroffen. Drei Patienten erkrankten an einer Gangrän des Dickdarmes (82, 27). Nur einer konnte gerettet werden, da der gangränöse Dickdarm unter günstigen Umständen durch eine Operation entfernt werden konnte. Der Krankheitsverlauf entspricht wiederum dem des schweren paralytischen Ileus.

Autor	Zahl der Fälle	punktiertes Gefäß	Kontrastmittel	Folgen
ROBINSON	1	A. ren. und Truncus coeliacus	Urokon	tödliche Pankreasnekrose und Niereninsuffizienz
MELICK und VITT	1	A. ren.	sod. iodide	reversible Niereninsuffizienz
ALWALL und JOHNNSSON	1	A. ren.	Umbradil	Tod, da KM in die gesunde Niere
WAGNER und PRICE	1	A. mes. cran.	10 ccm Sodium iodide	Tod vermutl. durch Thrombose der A. mes. cran.
DOTTER und M.	1	A. mes. cran.	?	Dünndarmnekrose
VÖLPEL	1	A. mes. cran.	?	Dünndarmnekrose
SAUTA	1	A. mes. cran.	?	Dünndarmnekrose

Bei den eigenen Aortographien wurde ausserdem ein weiterer Fall von unbeabsichtigter Injektion in die linke A. renalis beobachtet, die im Zusammenwirken mit einer Überdosierung des Kontrastmittels zu den ausführlich beschriebenen klinischen Symptomen führte (s. S. 36 ff).

Nach Tabelle X werden die Nierenarterien, welche gewöhnlich in einer Ebene zwischen dem 1. und 2. Lendenwirbelkörper lateral aus der Aorta entspringen, am häufigsten irrtümlich punktiert. Hierbei wird meistens die rechte A. renalis getroffen, deren Abgangsstelle der Kanülenspitze bei der klassischen Punktion von links her genau gegenüberliegt. Ein versehentliches Hineingleiten der Injektionsnadel in diese Öffnung ist somit leicht möglich. Nur vereinzelt wird die linke A. renalis erreicht. Denkbar ist z. B. eine Punktion dieses Gefässes vor der Aorta, so dass das pulsierend aus der Kanüle austretende Blut eine Nadelage in der Aorta vortäuscht.

Folgerichtig treten nach einer Fehlinjektion einseitige Nierenschäden auf, während es z. B. bei hohen Aortenobliterationen zu einem vermehrten Kontrastmittelabfluss über beide Nierenarterien gleichzeitig kommt, und dadurch bilaterale Störungen hervorgerufen werden. Bei den unilateralen Nierenschäden handelt es sich vorwiegend um eine vorübergehende Niereninsuffizienz, bedingt durch den Ausfall der injizierten Niere. Die Krankheitsbilder verlieren quoad vitam an Ernst, da die andere Niere durch Steigerung ihrer Funktion meistens den Ausgleich herstellt (14). Nach einiger Zeit nimmt dann auch die geschädigte Niere ihre Tätigkeit voll wieder auf (87, 71, 85). Nur MC AFEE und WILLSON veröffentlichten einen Fall, bei dem sich die Störung als

irreversibel erwies und eine Nephrektomie erforderlich machte. Bedrohlich wird eine Fehlinjektion erst dann, wenn der Patient nur ein funktionstüchtiges Organ hat und dieses nach einer Fehlinjektion ausfällt. Zwei Todesfälle durch Urämie nach direkter Kontrastmittelapplikation in die Arterie der gesunden Niere sind bekannt (82, 4).

Ursache der unilateralen Funktionsstörungen ist die bereits erwähnte chemo-toxische Wirkung des Kontrastmittels auf das Nierenparenchym, nur dass man in diesen Fällen nicht allein das Präparat, sondern in erster Linie die Technik des Eingriffes verantwortlich machen muss: Die Irrtümer entstehen durch das blinde, perkutane Aufsuchen der Aorta bei der hohen lumbalen Aortographie! Vermutlich hat sich bei den länger dauernden Insuffizienzen eine einseitige "akute oligurische Nephrose" ausgebildet. Die klinischen Symptome entsprechen dem im Kapitel über Kontrastmittelschäden geschilderten Bild, nur dass sie erheblich schwächer ausgebildet sind. Da sich die Insuffizienz manchmal auffallend schnell zurückbilden kann, trifft für diese Fälle vielleicht auch eine Schädigung des Nierenparenchyms durch die vorübergehende Ischämie während der Injektion oder durch einen im Gefolge der Punktion auftretenden Spasmus zu, von der sich das Organ nach wenigen Tagen erholt hat. Eine Thrombose der Nierenarterien nach Fehlinjektion ist niemals beobachtet worden! Ebenfalls gefährdet bei der Ausübung der hohen lumbalen Aortographie ist die A. mes. cran., welche die Aorta etwa in Höhe des 1. Lendenwirbels verlässt. Sie steht hinter den Nierenarterien in der Häufigkeit der aufgetretenen Fehlpunktionen an zweiter Stelle. Die Folgen für den Patienten sind durch diesen Irrtum erheblich schwerer. Vier Todesfälle werden von CRAWFORD und seinen Mitarbeitern, zwei von MC AFEE und ein weiterer von WAGNER und PRICE berichtet. Bei einem anderen Patienten kam es zu einem schweren paralytischen Ileus ohne tödlichen Ausgang (82). Wahrscheinlich sind die Todesfälle auf eine Obliteration der A. mes. cran. zurückzuführen (27, 103, 36, 116, 119), da im Anschluss an die Fehlinjektion eine akute Gangrän des Dünndarmes beobachtet wurde. Leider wurde in keinem Fall eine Sektion erwähnt, die den Beweis für diese Annahme erbracht hätte. - Neben diesen schweren, hochakuten Krankheitsbildern mit den Symptomen des paralytischen Ileus werden im Schrifttum Fehlinjektionen der oberen Mesenterialarterie ohne klin. Folgen aufgeführt (83, 79, 111, 98, 113). Auch bei einem unserer Patienten ist ein Fall von ungewöhnlich starker Füllung der A. mes. cran. mit Urografin völlig ohne klinische Symptome verlaufen.

Zu den gleichen Erscheinungen wie am Dünndarm nach irrtümlicher Injektion des Kontrastmittels in die A. mes. cran. kommt es am Colon nach versehentlicher Punktion der A. mes. caud.. Diese, ein Eingeweideast der Aorta in Höhe des 3. Lendenwirbels, wurde wiederholt bei der tiefen lumbalen Aortographie getroffen. Drei Patienten erkrankten an einer Gangrän des Dickdarmes (82, 27). Nur einer konnte gerettet werden, da der gangränöse Dickdarm unter günstigen Umständen durch eine Operation entfernt werden konnte. Der Krankheitsverlauf entspricht wiederum dem des schweren paralytischen Ileus.

Nur von LOOSE wird eine harmlos verlaufende Fehlinjektion der A. mesenterica caudalis berichtet.

Die Ursache für die nach irrtümlicher Injektion des Kontrastmittels in die Mesenterialarterien auftretende Darmangrän wird übereinstimmend in einer Thrombose dieser Arterien gesucht, über deren Genese jedoch keine Klarheit herrscht. Diese könnte sich auf folgende Arten bilden:

1. Durch Injektion der für die Aorta vorgesehenen Kontrastmittelmenge unter dem für die Aorta berechneten Druck kann reflektorisch durch Überdehnung ein Spasmus ausgelöst werden, dem dann ähnlich wie in den Beinarterien die Obliteration folgt.
2. Das Trauma durch die Punktion und vielleicht eine zusätzliche Verletzung der gegenüberliegenden Gefässwand durch die im Verhältnis zur Grösse des Gefässes zu dicke Kanüle können die Thrombenbildung begünstigen.
3. Der für die Aorta bemessene Druck könnte auf den Blutstrom der kleineren Mesenterialarterie als starker Widerstand wirken und so den Zerfall der Thrombozyten hervorrufen, zumal wenn eine Thromboseneigung bei einem Patienten besteht.
4. Selbstverständlich muss auch die bereits in vorhergehenden Abschnitten erwähnte vasokonstriktorische Wirkung des Kontrastmittels in Betracht gezogen werden. Bei einer Direktinjektion ist diese Wirkung naturgemäss durch die fehlende Verdünnung erheblich gesteigert. Ein toxisch-bedingter Spasmus könnte ebenfalls zur Obliteration der Mesenterialarterien führen. Für diese Genese der vermuteten Thrombosen spricht die Tatsache, dass es auch ohne eine Fehlpunktion - wenn also das unmittelbare Gefässtrauma und der starke Injektionsdruck wegfallen - allein durch den Kontrastmittelabfluss zur Darmangrän auf dem Boden einer Thrombose der A. mes. caud. kam.

Eine toxische Wirkung des Kontrastmittels auf den Darm selbst, z.B. infolge einer Kontrastmittelstase durch kapilläre Dysfunktion wird im Schrifttum nicht erwogen. Eine Lähmung des intramuralen Plexus wäre immerhin denkbar, doch würde sie nicht ausreichen, einen Ileus zu bewirken.

Die Erklärung für die subileusartigen Beschwerden, wie sie MC AFEE und auch wir bei einem Patienten (Fall 5) beobachteten, muss neben einer vorübergehenden Ernährungsstörung in einem retroperitonealen Hämatom gesucht werden, da dieses die retroperitonealen Zentren der autonomen Innervation des Darmes ausschalten kann, wie es z.B. auch nach Unfällen mit retroperitonealen Blutungen wiederholt der Fall war.

Aus Mangel an verwertbaren Angaben war es nicht möglich, einen Zusammenhang zwischen der Beschaffenheit und Dosierung der Kontrastmittel und den schweren Komplikationen herzustellen. Bei den verfügbaren Werten variiert die Dosis zwischen 10 und 50 ccm. Interessanterweise hat es sich bei den Kontrastmitteln nicht um solche des Uroselectan- oder Urografintyps gehandelt. Die folgenlos verlaufenen Fehlinjektionen von LOOSE wurden mit 25 ccm Joduron erzielt.

Weit seltener als die Nieren- und Mesenterialarterien sind andere Äste der Bauchaorta der Gefahr einer Fehlinjektion ausgesetzt. MC AFEE und WILLSON punktierten unbeabsichtigt die A. phrenica caudalis ohne nennenswerte Folgen, sowie viermal ohne Zwischenfall eine A. lumbalis. Auch LOOSE hatte nach einer versehentlichen Darstellung des Truncus coeliacus keine Komplikationen zu verzeichnen. Dagegen veröffentlichte ROBINSON ein schweres Krankheitsbild nach der Injektion von 20 ccm 70 %igem Urokon in diesen Gefässtamm, in dessen Verlauf es zu einer Fettnekrose des Pankreas kam, die bei der Sektion festgestellt wurde. Der Verfasser hält ausser einer lokalen allergischen Reaktion die chemo-toxische Wirkung des Kontrastmittels auf Grund der Astinjektion für das auslösende Moment. HODGES punktierte einmal irrtümlich die Vena cava caudalis.

Trotz der ermutigenden Berichte über komplikationslos verlaufene Fehlinjektionen von Aortenästen, mahnt die Schwere der aufgetretenen Schäden zu grosser Vorsicht. Nicht nur die Beschaffenheit der Kontrastmittel, auf dessen Bedeutung bereits ausführlich eingegangen wurde, darf verantwortlich gemacht werden. Allein die Tatsache, dass versehentlich eine für die Aorta bestimmte Kontrastmittelmenge ein kleineres Gefäss unmittelbar erreicht, ist für die auftretenden Komplikationen von Wichtigkeit. Auf Gefahren durch den für Aortenäste zu hohen Druck und die zu dicken Kanülen wurde bereits hingewiesen. Daraus ergibt sich als Vorsichtsmassnahme die Notwendigkeit, volumenmässig so wenig Kontrastmittel wie möglich zur Aortographie zu verwenden und den Injektionsdruck so niedrig zu halten, dass gerade noch befriedigende Aortogramme erhalten werden. LOOSE, der ohne Druckapparat und mit nur 25 ccm Kontrastmittel auskommt, hat keine Komplikationen nach Fehlpunktionen zu verzeichnen.

Im Schrifttum finden sich ausserdem Vorschläge zur Verhütung einer Astinjektion überhaupt. LINDGREN benutzt z.B. eine Kanüle mit einem Metallmandrin, der, mit zwei Stoppschrauben versehen, ein genaues, messbares Austasten des Aortenlumens gestattet. Ist dieser Mandrin z.B. weiter als 1 cm ins Lumen verschiebbar, handelt es sich mit grosser Wahrscheinlichkeit um die Abgangsstelle eines Seitenastes, und die Nadel muss anders gelagert werden. Ist das Ergebnis befriedigend, fixiert LINDGREN die Kanüle in der Haut und macht zusätzlich noch eine Probeinjektion von 8 - 10 ccm. - GOTTLOB empfiehlt zur Umgehung einer versehentlichen Astinjektion die von ihm erprobte retropleurale Aortenpunktion zwischen der 8. bis 10. Rippe, die aber die Gefahr der Pleuraverletzung in sich birgt. Zu einer möglichst hohen Punktion zur Umgehung der Abgangsstellen der Eingeweideäste raten auch DOS SANTOS, SCHRADER, HODGES, CRAWFORD und MILLER und seine Mitarbeiter. Sie schlagen das Niveau des 12. Brustwirbels vor, da auf die hohe lumbale Aortographie im Hinblick auf vollständige Aortogramme nicht verzichtet werden kann. SCHRADER glaubt, durch Bevorzugung der 2-Nadel-Methode die Gefahren der Fehlinjektionen zu halbieren, da gegebenenfalls nur die Hälfte der Kontrastmittelmenge in den Eingeweideast gelangt. Andererseits ist damit jedoch die Möglichkeit einer Fehlpunktion verdoppelt.

Mehrere Autoren benutzen die Kathetermethode, die bei Verwendung der modernen Polyäthylenkatheter ein Sondieren der Aorta unter Röntgenkontrolle erlaubt (90, 93, 97). Andere stehen dieser Technik kritisch gegenüber, da die Gefahr akuter Thrombosen und Gefäßverletzungen erheblich ist. Übereinstimmend wird in fast sämtlichen Arbeiten der Wert einer Probeinjektion betont. Diese ist leicht durchführbar und gibt zumindest Gewissheit über die Nadelposition zu Beginn der Injektion. Wenn die Lage der Nadel auch den erwähnten, von der Technik unabhängigen Faktoren wie Abwehrbewegungen des Patienten etc. ausgesetzt ist, bedeutet für den untersuchenden Arzt das Bewusstsein, fehlerlos punktiert zu haben, viel.

Da keine kompliziert verlaufenen Aortographien nach Injektion von Urografin bekannt geworden sind und nicht anzunehmen ist, dass keine Fehlinjektionen mit diesem Kontrastmittel vorgekommen sind, scheint Urografin auch in den Ästen der Bauchaorta keine schädlichen Reaktionen auszulösen.

(B II) 4. Lösung arteriosklerotischer Wandverhärtungen oder vorhandener Thromben.

Trifft die Kanülenspitze auf einen sklerotischen Herd, besteht die Möglichkeit, dass sie eine atheromatöse Wandverhärtung mobilisiert. Diese gelangt in den Blutstrom und führt unter Umständen zum embolischen Verschluss einer wichtigen Arterie. Das Ausmass dieser Komplikation ist gar nicht festzulegen, da alle Äste der Bauchaorta betroffen werden können. Besonders gefährdet sind bei diesen Embolien die Versorgungsgebiete der funktionellen Endarterien wie z.B. der Darm.

Glücklicherweise scheint jedoch die Lösung einer sklerotischen Plaque sehr selten zu sein, denn im Schrifttum wurde nur ein Fall bekannt, bei dem es zum Verschluss einer A. femoralis kam, so dass sich die gesamte Extremität gangränös veränderte und abgesetzt werden musste (77). Andererseits sollte aber bei allen Gefäßverschlüssen nach Aortographie eines Arteriosklerotikers diese Ursache differentialdiagnostisch in Betracht gezogen werden, wenn eine Sektion nicht eindeutig das Gegenteil beweist. Es kann auch auf dem Boden eines embolischen Verschlusses durch eine sklerotische Plaque zur Thrombose eines Eingeweideastes kommen! Allerdings schätzen versierte Untersucher die Gefährlichkeit der Punktion sklerotisch veränderter Aorten gering ein, da sie diese Patienten immer wieder ohne Zwischenfälle aortographierten. Auch von den eigenen Aortographien bei Patienten mit einer Arteriosklerose sind zahlreiche komplikationslos verlaufen. Bei Fall 4 und Fall 7 konnte dagegen ein Verschluss durch eine abgelöste atheromatöse Platte nicht mit Sicherheit ausgeschlossen werden.

Es ist sicherlich ein bedeutender Nachteil der Aortographie, dass mit der Mobilisierung sklerotischer Wandverhärtungen gerechnet werden muss. Vorsichtsmassnahmen sind kaum zu ergreifen, da die Verteilung der Herde nach einem Röntgenbild schwer zu lokalisieren ist und diese deshalb bei der Punktion nicht zu

umgehen sind. TRIPPEL und seine Mitarbeiter empfehlen aus diesem Grunde, arteriosklerotisch veränderte Aorten nur bei strengster Indikationsstellung zu punktieren. Zu ähnlichen Folgen wie durch arteriosklerotische Plaques kann es auch durch Lösung oder Verlagerung bereits vorhandener Aortenthromben kommen. Eine ernste Komplikation im eigenen Krankengut wird auf diese Ursache zurückgeführt.

FALL 7:

Ein 55 jähriger Patient leidet seit einem Jahr an intermittierendem Hinken. An der rechten Grosszehenkuppe befindet sich bei der Einweisung ein gangränöses Ulcus. Nach einer genauen Voruntersuchung handelt es sich um einen Verschluss der A. ilica externa links mit ausgebildetem Kollateralkreislauf und um einen Verschluss der rechten A. femoralis. Zur Abklärung der Diagnose wird am 2.12.1954 zunächst eine rechtsseitige Arteriographie mit 30 ccm 30 %iges Joduron ausgeführt. Das Arteriogramm zeigt nur eine sehr geringfügige Einengung der Femoralarterie, die das gangränöse Ulcus nicht erklärt. Eine Aortographie soll die Diagnose: "teilweiser Verschluss der Aortengabel" erhärten. Da sich der Patient in gutem Allgemeinzustand befindet und die Untersuchung von Herz und Nieren keine pathologischen Befunde ergibt, wird der Eingriff am 17.12.1954 in Evipan-Pantolax-Narkose vorgenommen. Man entscheidet sich für die tiefe lumbale Punktion, um die Nieren und die A. mes. cran. keinen unnötigen Gefahren auszusetzen. Es werden durch zweimalige Punktion je 30 ccm 30 %iges Joduron unter 2 atü mit dem Druckapparat nach DENECKE injiziert. Die Aortogramme (s. Abbildung 6) zeigen, dass die Injektionsnadel beide Male im Bereich der Aortenbifurkation liegt. Das Kontrastmittel füllt den caudalen Teil der Aorta, deren Wand atheromatös verändert ist. Im Abgang der rechten A. ilica communis befindet sich eine knopfchartige Stenose. Ansonsten weist die rechte Seite keinen pathologischen Befund auf. Die linke A. ilica communis stellt sich nicht dar, ebenfalls keine linken Beinarterien, da die Nadel unterhalb des Abganges der Kollateralen liegt.

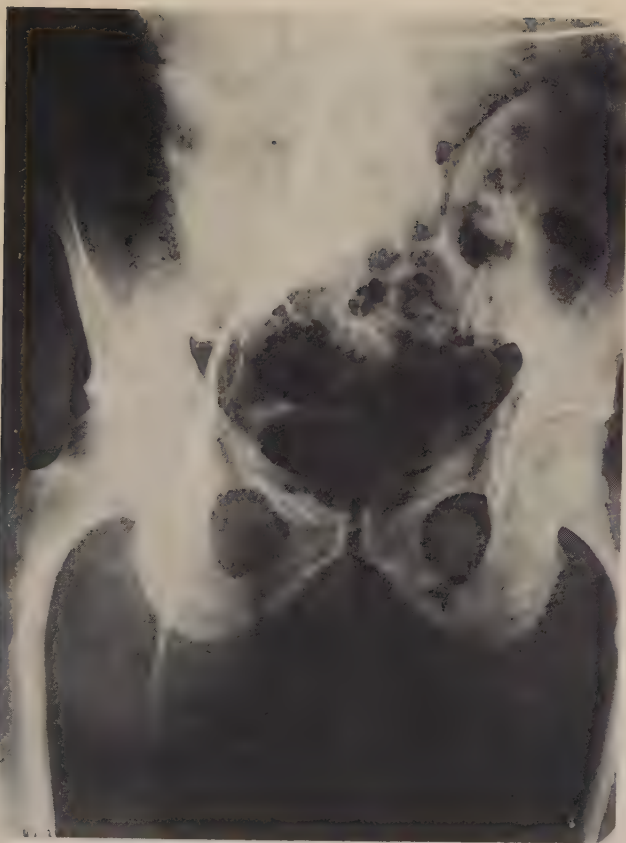


ABBILDUNG 6

Unmittelbar im Anschluss an die 2. Injektion treten am rechten Bein die Erscheinungen eines akuten arteriellen Verschlusses auf. Das Bein färbt sich bis zum Knie marmorweiss. Einige Stunden später wird die Verfärbung livide. An beiden Beinen treten die oberflächlichen Venen schwärzlich hervor. Der Patient bekommt Depotpadutin und Analgetica gegen die heftigen Schmerzen. Am 27.12. ist der Zustand des rechten Beines unverändert schmerzhaft. Am 30.12. wird die Amputation notwendig. Nach 4 Tagen hat sich am Stumpfende eine handteller-grosse Nekrose gebildet. Der Penis ist ödematös geschwollen und zeigt an der Glans Stauungsblutungen. Am 4.1.1955 wird eine Nachamputation vorgenommen, aber am 8.1.1955 zeigen sich wiederum kleinere Nekrosen von Muskel- und Fasciengewebe am Stumpf. Es werden Rivanolgazestreifen nach Entfernen der Nekrosen aufgelegt. Eine zusätzlich aufgetretene Anaerobierinfektion wird

erfolgreich bekämpft. Am 10.1.1955 - 23 Tage nach der Aortographie - ist die Stumpfwunde immer noch mit Nekrosen und schmierigem Sekret bedeckt. Der Penis hat sich in seiner ganzen Ausdehnung schwarz verfärbt, ausserdem entsteht ein Dekubitalgeschwür über dem Kreuzbein. Zehn Tage später findet sich über dem Kreuzbein und über der linken Hüfte je ein Dekubitus von Handtellergrösse. Bluttransfusionen führen zu einer vorübergehenden Besserung des stark reduzierten Allgemeinzustandes. Die Wunden zeigen trotz sorgfältiger Behandlung keine Heilungstendenz. Der Penis wird völlig nekrotisch und muss abgetragen werden. Die Temperaturen schwanken zwischen febril und subfebril. Der Patient wird ohne Aussicht auf Heilung am 28.1.1955 auf ausdrücklichen Wunsch hin nach Hause entlassen. Über sein weiteres Schicksal wurde nichts bekannt.

Folgende Gründe kommen für die schweren Erscheinungen nach der Aortographie bei diesem Patienten in Frage:

a) Die Ausbreitung der vorhandenen Thromben in der A. ilica communis sinistra auf die ganze Aortengabel, bewirkt durch den Kontrastmittelreiz, ein Vorgang der bereits ausführlich beleuchtet wurde. Gegen diese Annahme spricht der akute Verschluss der A. ilica communis dextra unmittelbar nach der zweiten Injektion, während das Gefäss zuvor für Kontrastmittel durchgängig war.

b) Eine heftige Aortenkonstriktion, hervorgerufen durch das doppelte Nadeltrauma und die irritierende Wirkung des Kontrastmittels, mit nachfolgender fortschreitender Obliteration. Die Aortogramme geben allerdings keinen Anhaltspunkt für einen Spasmus.

c) Die Lösung einer arteriosklerotischen Plaque durch die Nadelspitze aus der sklerotisch veränderten Gefässwand. Diese Ursache ist nicht sicher auszuschliessen, da die Aorta entsprechende Herde aufwies. Eine atheromatöse Plaque hätte leicht zum embolischen Verschluss der knopflochartigen Stenose der A. ilica communis dextra führen können.

d) Noch wahrscheinlicher erscheint jedoch eine Verlagerung der vorhandenen thrombotischen Massen am Abgang der A. ilica communis sinistra, in deren Gebiet sich die Kanüle bei beiden Injektionen röntgenologisch nachweisbar befand. Begünstigend hat dabei die zweimalige Punktion und der durch den Injektionsdruck von mehr als 2 kg hervorgerufene wirbelartige Blut- und Kontrastmittelstrom gewirkt. Ein gelöster oder verlagerter Thrombus hat die knopflochartige Stenose verschlossen und so die Ernährung der befallenen Gebiete unterbunden. Da die linke A. ilica communis bereits vorher ausgefallen war, konnte sich kein funktionstüchtiger Kollateralkreislauf ausbilden.

Aus dem Schrifttum ist ein gleicher Fall nicht bekannt. FERGUSON berichtet lediglich über einen Zwischenfall, bei dem ein Thrombus, der sich an der Einstichstelle gebildet hatte, zum embolischen Verschluss der Aortengabel führte und dort erfolgreich entfernt wurde. Auch diese Komplikation mahnt zur Einschränkung der Aortographie bei Patienten mit einer Aortenthrombose oder einer ausgeprägten Atheromatosis. Eine mehrfache Punktion sollte bei diesen Patienten auf jeden Fall vermieden werden.

(B II) 5. Retroperitoneale Blutungen nach der Punktion.

Nach der Aortographie treten häufig Schmerzen in der Lendengegend auf. Sie werden von den Patienten als rheumatische Beschwerden angegeben. Ausser den bereits erwähnten Extravasaten sind vor allem Hämato^{me} in den tiefen Rückenmuskeln oder im Retroperitonealraum die auslösende Ursache. Die Blutungen in den Muskeln entstehen während der Nadelpassage, die im Retroperitonealraum durch Blutaustritt aus der Punktionsstelle der Aortenwand. Eine Hämato^mbildung in der tiefen Rückenmuskulatur begleitet zwangsläufig jede perkutane Aortographie und ist abgesehen von vorübergehenden Schmerzen klinisch bedeutungslos. Vielleicht lassen sich noch die öfter in den ersten Tagen nach dem Eingriff auftretenden Temperaturen um 38° C mit der Resorption in Verbindung bringen. Die retroperitonealen Blutungen können sich dagegen unangenehm für die Patienten auswirken. TABELLE XI zeigt die im Schrifttum veröffentlichten Fälle klinisch in Erscheinung getretener retroperitonealer Hämato^me.

TABELLE XI:

Autor	Zahl der Fälle	davon Todesfälle
CRAWFORD und Mitarbeiter	1	0
MC AFEE und WILLSON	5	1
MC AFEE	13	5
DOS SANTOS	1	0
ANTHONY	2	0

Sechs dieser Zwischenfälle verliefen tödlich. Fünf Patienten starben im Schock (82) durch den bemerkenswerten Blutverlust, ein weiterer starb an einer Urämie, da ein umfangreiches Hämatom die gesunde Niere völlig verdrängte (82). Ausser der Tatsache, dass es sich um eine luetisch veränderte Aorta handelte, halten die Verfasser für bedeutsam, dass der Blutdruck bei 280/170 mm Hg lag, dass zweimal punktiert wurde, und dass die Lage des Patienten mit liegender Nadel mehrfach geändert worden war. Bei einem Patienten von ANTHONY entwickelte sich aus einem infizierten retroperitonealen Hämatom ein perinephritischer Abscess.

CRAWFORD und seine Mitarbeiter fanden Blut ausserhalb der Aorta bei sämtlichen aortographierten Patienten, wenn bei einer nachfolgenden Operation darauf geachtet wurde. Auch bei einem der eigenen Patienten beobachteten wir bei einer anschliessenden Sympathektomie ein etwa daumenstarkes Hämatom entlang der V. cava caudalis. SMITH und seine Mitarbeiter halten dagegen die Furcht vor einer Blutung aus der Punktionsstelle für unbegründet. Zum Beweis führen sie Aortographien an 13 moribunden Patienten an. Nur in zwei Fällen konnten sie Blutungsspuren bei der Autopsie auffinden, obwohl der Blutdruck bei sieben Kranken diastolisch 110 mm Hg betrug. Auch LOOSE hatte keine Blutungen zu verzeichnen, weder bei Patienten mit einer Arteriosklerose noch nach wiederholter Punktion. Von SCHRADER und DOS SANTOS werden die retroperitonealen Hämato^me für be-

langlos gehalten, da die Elastizität der Aortenwand nach Entfernen der Kanüle den Austritt grösserer Blutmengen verhindere.

Vielfach wird die Gefährdung des Patienten durch Blutungen aus der Einstichstelle anerkannt, denn theoretisch sind auf diesem Boden noch andere Komplikationen denkbar wie z.B. ein paralytischer Ileus oder die Einmauerung eines venösen Gefässes. Über die Vermeidung der Blutungen hat man sich folgende Gedanken gemacht: Obwohl Aneurysmen wiederholt ohne Zwischenfall punktiert wurden (27, 82), soll zur Vorbeugung eines retroperitonealen Hämatoms eine Aortendarstellung bei diesen Patienten tunlichst unterbleiben. Auch ein hoher Blutdruck wird als Kontraindikation angesehen (82). FONTAINE empfiehlt eine Punktionsnadel von nur 0,8 mm bis zu 1 mm Durchmesser. WEIS versucht der Gefahr dadurch zu begegnen, dass er die Patienten sofort nach der Aortographie auffordert, sich zu bewegen. Durch die Psoaskontraktionen will er eine natürliche Tamponade der Aorta erreichen. Weiterhin wird vor dem Eingriff an Patienten mit hämorrh. Diathese gewarnt und eine Voruntersuchung der Blutgerinnungszeit für ratsam gehalten (27, 76). Als kontraindiziert haben sich auch Heparin-gaben vor der Aortographie erwiesen (71). In kurzen Abständen wiederholte Punktionen scheinen die Gefahr der Blutung zu fördern und sollen deshalb unterbleiben (83).

(B II) 6. Seltene Zwischenfälle.

Nur vereinzelt ist es bei der perkutanen Aortographie der Bauch-aorta vorgekommen, dass andere Gebilde als Gefässe im Bauch - oder besonders im Retroperitonealraum verletzt wurden. MC AFEE berichtet zwei Fälle von versehentlicher Perforation des Dünndarmes, die bei einem Patienten tödlich wirkte. Ausserdem führt er einige Fälle an, bei denen das Kontrastmittel in den Wirbelkanal anstatt in die Aorta injiziert wurde, wobei es zu den bereits geschilderten neurologischen Symptomen im Sinne einer Querschnittsmyelitis kam. RICHTER beobachtete einen Patienten, der durch versehentliche Anpunktion der Zwischenwirbelscheibe und durch den Reiz eines Paravasates erhebliche Beschwerden hatte. Viermal wurde der Ductus thoracicus bei der hohen lumbalen Punktion verletzt (82, 30, 48). Es entstand ein Chylothorax. Eine operative Unterbindung war notwendig. In einzelnen Fällen hat sich - ebenfalls bei der hohen lumbalen Aortographie - durch versehentliche Verletzung der Pleura ein Hämatopneumothorax gebildet. Dass auch bei der perkutanen Aortographie nach den Gesetzen der Asepsis vorgegangen werden muss, beweisen drei von MC AFEE veröffentlichte Fälle, wo es zu einer Infektion im Retroperitonealraum durch die Injektionsnadel kam. In einem Fall entwickelte sich ein perinephritischer Abscess, der sich bis auf die Pleura ausdehnte. Auf nachweislicher Unachtsamkeit beruht eine von DOS SANTOS angeführte Komplikation, hervorgerufen durch Luft in der Aorta, da vergessen worden war, den zuführenden Schlauch des

"Druckapparates nach DOS SANTOS" nach Injektion des Kontrastmittels rechtzeitig abzuklemmen.

Bis auf die Verletzungen des Ductus thoracicus, der durch seinen anatomischen Verlauf gefährdet ist, sind alle in diesem Abschnitt aufgezählten Komplikationen auf mangelnde Übung oder ein Nichtbeachten der klassischen Punktionsregeln zurückzuführen und deshalb bei sorgfältiger Handhabe zu vermeiden.

B III. Komplikationen durch technische Mängel bei der Arteriographie

Bei der Arteriographie der unteren Extremitäten stehen die durch Kontrastmittel ausgelösten Schäden bei weitem im Vordergrund. Die technische Durchführung dieser Untersuchung ist schon deshalb weniger gefährlich, als die A. femoralis in der Leistenbeuge deutlich tastbar ist und somit die Irrtümer der völlig blinden Punktion fortfallen, obwohl auch dieses Gefäß perkutan mit den von HERION und BUCHTALA entwickelten Spezialkanülen aufgesucht wird. Ausserdem liegen in unmittelbarer Nachbarschaft der Beinarterien keine lebenswichtigen Organe, die bei einer Fehlpunktion getroffen werden könnten.

(B III) 1. Paravasate.

Wie bei der Aortographie ist die häufigste durch Mängel der Technik hervorgerufene Komplikation der peripheren Arteriographie ein Extravasat. Verursacht durch unkontrollierbare Abwehrbewegungen des Patienten, reflektorische Gefässspasmen oder eine Lageveränderung der Nadelspitze während der Injektion durch den erzeugten Überdruck, sind sie kaum zu vermeiden. Im Schrifttum werden die Paravasate als harmlos bezeichnet (31, 63, 22, 12, 13). In einigen Fällen kam es lediglich zu einer leichten, vorübergehenden Neuritis des N. femoralis (63, 22). GARRAUD beobachtete dagegen einen Fall von kaltem Brand der Haut nach Injektion des Kontrastmittels neben die Arterie und führt die Erscheinung auf die Auswirkung der organischen Jodpräparate auf die Hautgefässe zurück. Dieser Zwischenfall wurde allerdings bereits 1937, vor Anwendung der weniger irritierenden Lösungen veröffentlicht. Drei röntgenologisch nachgewiesene Paravasate bei eigenen Patienten riefen keine Beschwerden hervor. Es handelte sich um die Kontrastmittel Joduron oder Urografin.

(B III) 2. Blutungen aus der Punktionsöffnung.

Da nach Entfernen der Punktionsnadel eine digitale Kompression des verletzten Gefässes für einige Minuten möglich ist, wird die Gefahr einer Blutung ausserordentlich gering. Bei unseren Patienten wurde keine derartige Komplikation beobachtet. CAMPBELL erwähnt lediglich kleine Hämatome. DEMEL und

DOS SANTOS berichten zwar je eine persistierende Blutung, DEMEL jedoch nur unter 300, DOS SANTOS unter 1500 Arteriographien. GARRAUD beschreibt eine stärkere Blutung aus einem atheromatös veränderten Gefäss und führt diesen Zwischenfall auf die mangelnde Elastizität der sklerotischen Arterien zurück. Bei eigenen Untersuchungen wurde in über zwanzig Fällen von hochgradiger Atheromatose der A. femoralis ohne nachfolgendes Hämatom arteriographiert.

(B III) 3. Seltene Komplikationen.

Einer unserer Patienten hatte ohne nachweisbares Paravasat vorübergehend erhebliche Schmerzen im Bereich des Einstiches. Als Ursache wird eine mechanische Reizung eines grösseren Hautnerven mit der Injektionsnadel vermutet. JULIAN und DYE erwähnen einen Fall, bei dem sich eine atheromatöse Plaque durch das Nadeltrauma aus der Gefässwand löste, ein Vorkommnis, das durch embolischen Verschluss eines kleineren Gefässes zu erheblichen Ernährungsstörungen führen kann. Obwohl gerade arteriosklerotische Patienten häufig arteriographiert werden, ist dies der einzige im Schrifttum bekannt gewordene Fall nach Arteriographie.

Fehlpunktionen im Gebiet der A. fem. sind selten. Nur DOS SANTOS führt drei irrtümliche Punktionen der V. fem. an, die jedoch für den Patienten komplikationslos verliefen. PEIRCE weist noch besonders auf die Gefahr einer arteriovenösen Fistelbildung hin, wenn die Nadel Arterie und Vene gleichzeitig durchbohrt. Eine Komplikation grösserer Bedeutung berichten ARNULF und BUFFARD. Eine Luftembolie im Gebiet der A. tib. ant. et post. äusserte sich in einer Hautgangrän und Nervenausfällen. Die gangränösen Hautbezirke vernarbten, und die Lähmungen erwiesen sich als reversibel. Ursache des Zwischenfalles war ein verspäteter Verschluss des zuführenden Schlauches am Druckapparat von DOS SANTOS, so dass die zur Druckerzeugung benötigte Luft in das Gefässsystem eindringen konnte. Hierbei handelte es sich also zweifellos um ein Versäumnis des Untersuchers. Mit dem an der Chirurgischen Poliklinik der Universität München gebräuchlichen Druckapparat nach DENECKE, Modell Ulrich, wird eine derartige Komplikation dadurch vermieden, dass das Kontrastmittel sich in einer Spritze befindet, deren Kolben durch Pressluft betätigt wird, wobei das Kontrastmittel selbst gar nicht mit der Pressluft in Berührung kommt. Zu der Apparatur gehören auswechselbare Spritzen unterschiedlichen Fassungsvermögens, die ohne jeden Luftraum mit der benötigten Kontrastmittelmenge aufgefüllt werden können.

C. KOMPLIZIERTER VERLAUF VON AORTOGRAPHIEN UND ARTERIOGRAPHIEN, VERURSACHT DURCH DEN REDUZIERTEN ALLGEMEINZUSTAND DER UNTERSUCHTEN PATIENTEN

Sowohl die Aortographie als auch die Arteriographie der unteren Extremitäten stellen einen Eingriff dar, bei dem der gesamte Organismus mehr oder weniger in Mitleidenschaft gezogen wird. Ursache dieser Belastung sind die Narkose, das injizierte Kontrastmittel, welches ausgeschieden oder entgiftet werden muss, die durch den Injektionsdruck vorübergehend veränderten Kreislaufverhältnisse und das Trauma, welches durch die Injektionsnadel gesetzt wird. Der Körper des Patienten muss imstande sein, alle diese Veränderungen zu beherrschen. Als Kontraindikationen für die in dieser Arbeit berücksichtigten Teilgebiete der arteriellen Angiographie gelten daher nach KREMER:

1. Überempfindlichkeit gegen das Kontrastmittel.
2. Schwere Parenchymschäden an Leber, Nieren oder Milz.
3. Pyogene Infektionen im Injektionsbereich.
4. Aneurysmen wegen der Gefahr einer Gerinnselmobilisation.
5. Ein Bifurkationssyndrom bei adipösen, cardial dekompensierten Patienten wegen der Gefahr der Thrombenausdehnung.

Einen weiteren Hinweis auf die Auswirkungen des Allgemeinzustandes eines Patienten vor der röntgenologischen Gefäßdarstellung gibt Fall 8 aus dem eigenen Krankengut.

Ein 53 jähriger Patient mit peripheren Durchblutungsstörungen und einem zusätzlichen phlebothrombotischen Syndrom des rechten Beines wird zunächst mit 30 ccm 70 %igem Joduron in Evipan - Pantolax - Betäubung aortographiert. Da das Aortogramm keinen einengenden Befund ergibt, wird eine rechtsseitige Arteriographie mit 30 cmm 70 %igem Joduron angeschlossen. Am Abend des gleichen Tages klagt der Patient über Schmerzen in der linken Brust. Der zugezogene Internist bestätigt die Diagnose Lungeninfarkt und leitet eine antithrombotische Behandlung ein. Am folgenden Tag wird der Auswurf rostbraun, die Temperaturen liegen bei 38°C, und die Schmerzen haben sich verstärkt. Eine Lungenaufnahme zeigt atelektatische Verdichtungen beiderseits epidiaphragmal. Der linke Pleurasinus ist etwas abgestumpft. Nach ungefähr 12 Tagen sind die Beschwerden abgeklungen. Drei Wochen später bekommt der Patient wiederum heftige Stiche, diesmal in der rechten Thoraxhälfte. Es tritt erneut rostbrauner Auswurf auf, der als Zeichen einer zweiten Embolie gewertet wird. Die antithrombotische Behandlung wird wieder aufgenommen und der Patient wegen seiner Emboliegefährdung in die Medizinische Poliklinik verlegt. Da die erste Embolie noch am Tage der angiographischen Eingriffe auftrat, muss ein Zusammenhang mit diesen angenommen werden. Vermutlich hat sich bei den zur Arteriographie notwendigen Manipulationen ein Thrombus aus den entzündeten Venen

gelöst, der zum embolischen Verschluss eines Lungengefäßes führte. Die zweite Embolie nach drei Wochen kann durch die lange Bettruhe des ohnehin emboliegefährdeten Patienten erklärt werden. Dieser Zwischenfall warnt besonders vor der Arteriographie an Patienten mit einer Thrombophlebitis, da ein Lungeninfarkt nicht immer so gut zu beherrschen ist wie bei unserem Patienten.

Die übrigen Grundkrankheiten, welche den Patienten bei der arteriellen Angiographie zusätzlich gefährden können, wie Arteriosklerose, ein erhöhter Blutdruck oder eine verlängerte Blutungszeit wurden in den vorhergehenden Kapiteln bereits gestreift und bewertet. Abschliessend sei noch darauf hingewiesen, dass das Alter bei sonst ausreichendem Allgemeinzustand des Patienten keine Kontraindikation darstellt. Wir haben Patienten bis zu 83 Jahren arteriographiert und bis zu 69 Jahren komplikationslos aortographiert.

D. ZUSAMMENFASSUNG

Es werden unter Berücksichtigung von Fällen aus dem Krankengut der Chirurgischen Poliklinik der Universität München und aus dem internationalen Schrifttum Komplikationen und Gefahren der lumbalen Aortographie und der Arteriographie der unteren Extremitäten aufgezeigt. Eine Gegenüberstellung der ausgeführten Aortographien und der aufgetretenen Komplikationen und Todesfälle aus geeigneten Veröffentlichungen ergab eine Komplikationsdichte von 2,356 % und eine Letalität von 0,312 %. Aus einer Vielzahl berichteter Einzelfälle und aus eigenen Erfahrungen muss allerdings allgemein auf höhere Prozentsätze geschlossen werden.

Für die Arteriographie der unteren Extremitäten ergab eine Übersicht der eigenen Arteriographien eine Komplikationsdichte von 5,511 % und eine Sterblichkeit von 0,393 %.

Eine genaue Analyse der eigenen Zwischenfälle anhand vorliegender röntgenologischer, klinischer und histopathologischer Untersuchungen zeigt, dass fast alle diese Komplikationen Folgen von örtlichen oder allgemeinen Kontrastmittelunverträglichkeiten waren. Demgegenüber haben - jedenfalls im eigenen Krankengut - bleibende Schädigungen durch technische Fehler mit Ausnahme zweier Fälle, ausgeschlossen werden können. Diese Feststellung wird hinsichtlich ihrer Richtigkeit durch die Tatsache unterstrichen, dass die postangiographischen Komplikationen umso geringer wurden, je bessere und vor allem verträglichere Kontrastmittel zur Verfügung standen. Der gleiche Gedanke drängt sich bei einer kritischen Sichtung der Weltliteratur auf. Leider ist der Überblick nicht vollständig, weil sicher eine Vielzahl von Zwischenfällen nicht mitgeteilt ist. Dieses bedauerliche Verschweigen geschieht oft aus einem falschen Schuldgefühl heraus. Eine kritische Beurteilung der obwaltenden Umstände würde aber in manchen Fällen den sicheren Ausschluss menschlichen Versagens erlauben.

Die zum Zweck dieser Arbeit gesichtete umfassende Literatur lässt solche Schlüsse ohne Fehlspekulationen zu; denn es zeigt sich auch hier, dass die Zahl und Schwere der Zwischenfälle mit Einführung besserer Kontrastmittel erheblich zurückgegangen ist. Einen Höhepunkt in dieser Entwicklung hat das Urografin gebracht. Seitdem an der Chir. Poliklinik dieses Kontrastmittel aus-schliesslich verwendet wird, hat sich kein ernster Zwischenfall mehr ereignet. Selbst eine irrtümliche Injektion der gesamten Kontrastmittelmenge in ein kaliberschwaches Gefässrohr, die früher fast mit Sicherheit schädigende Folgen zeigte, hat durch Verwendung von Urografin ihre Schrecken verloren.

Sicherlich spielt auch die Handhabung der Angiographie immer noch eine Rolle. Eine einwandfreie Technik muss selbstverständlich vorausgesetzt werden. Abgesehen vom einzelnen Versagen, das auch dem Geübtesten einmal unterlaufen kann, haften der Methode einige Gefahren an, die unabhängig von der Güte des Kontrastmittels und dem Können des Arztes sind. Hierher gehören vor allem solche Komplikationen wie die Lösung arteriosklerotischer Wandverhärtungen oder Verlagerung vorhandener Thromben durch die Injektionsnadel, desgleichen nach der Injektion erfolgende Blutungen aus der Einstichstelle, die nicht sicher zu vermeiden sind.

Trotzdem kann aus dieser Arbeit gefolgert werden, dass die als diagnostische Massnahme unerlässliche Angiographie heute wesentlich gefahrloser ist, wenn zur Röntgendarstellung des arteriellen Gefässystems reizlose Kontrastmittel wie Urografin benutzt werden.

S C H R I F T T U M

1. ABESHOUSE, B. S., TIONGSON, A. T.:
J. Urol. Balt. 75: 348-355, 1956
2. ALBERT, F., LEJEUNE-LEDANT, G.:
Bull. Soc. Internat. Chir. Bruxelles XV,
415-418, 1958
3. ALLEN, E. V., CAMPS, J. D.:
J. Amer. Med. Assoc. 104: 618-623, 1935
4. ALWALL, N. u. a.:
Acta chir. Scand. 109: 11, 1955
5. ANTHONY, J. E.:
A. M. A. Arch. Surg. 76: 28, 1958
6. ANTONI, L., LINDGREN, E.:
Acta chir. Scand. 98: 230-247, 1949
7. ARNAUD, H.:
Mém. Acad. Chir. 84: 131-134, 1958
8. ARNHOLDT, F.:
Zschr. Urol. Sonderband 1957, Seite 287-289
9. ARNULF, G., BUFFARD, P.: Lyon chir. 53: 111, 1957
10. BABAIANTZ, L., WIESER, C.:
Schweiz. Rdsch. f. Med. 44: 454-456, 1955
11. BAZY, L., REBOUL, H.: Bull. Soc. nat. Chir. Paris, 61: 18-23, 1935
12. BAZY, L. u. a.: Bull. Soc. nat. Chir. Paris, 61: 39-42, 1935
13. BAZY, L. u. a.: Bull. Soc. nat. Chir. Paris, 61: 198, 1935
14. BEALL, A. C. u. a.: Surgery 43: 364, 1958
15. BELLMANN, G.: Deutsches Gesundheitswesen 12: 1042, 1957
16. BERG, O. C.: South. Med. J. 49: 494-495, 1956
17. BOYARSKY, S.: J. Amer. Med. Assoc. 156: 599, 1954
18. BROMAN u. a.: zitiert nach Gottlob u. a.
19. BROOKS, B.: J. Amer. Med. Assoc. 82: 1016, 1924
20. BUCHTALA, V., GERLACH, J.:
Zbl. f. Neurochirurgie 14: 118-120, 1954
21. CALDAS, J. P.: J. de radiol. et d'électrol., Paris 34: 28-41, 1953
22. CAMPBELL, D. A.: Angiology 1: 100-105, 1950

23. CHIASSERINI, A., UGELLI, L.:
J. internat. Chir. 2: 671-684, 1937
24. CHRISTMAN, F.E., GRINSFELD, D.:
Angiology, 5: 339, 1954
25. CONGER, K.B. u.a.: A.M.A. Arch. Surg. 74: 287, 1957
26. CONTIADES, X.J. u.a.: Bull. Soc. nat. Chir. Paris 61: 187-198, 1935
27. CRAWFORD, E.S. u.a.: Surg. Gyn. Obstetr. 104: 129, 1957
28. DEMEL:
zit. nach Wagner, F.B. jr.
29. DEPLAS, B., REBOUL, H.: Bull. Soc. nat. Chir. Paris 61: 10-16, 1935
30. DETERLING, R.A.: zit. nach Crawford, E.S. u.a.
31. DIMTZA, A., JAEGER, W.:
Radiol. Rdsch. 7: 203, 1938
32. DOS SANTOS, R.: Bull. Soc. nat. Chir. Paris 61: 585-590, 1935
33. DOS SANTOS, R.: J. internat. Chir. 2: 609-634, 1937
34. DOS SANTOS, R. u.a.: Monographie, Paris, Masson & Cie., 1931
35. DOS SANTOS, R.: Lyon chir. 44: 641-654, 1949
36. DOTTER u.a.: zit. nach Schulze-Bergmann
37. DUCUING, J. u.a.: J. de radiol. et d'électrol., Paris 32: 107-108, 1951
38. EDLING, H.P.G., HELANDER, C.G.:
Acta radiol. 47: 473-480, 1957
39. EULER, H.: Zbl. Chir. 74: 1310, 1949
40. FELTE, H.: Fortschr. Röntgenstr. 80: 575, 1954
41. FERGUSON:
zit. nach Crawford u.a.
42. FONTAINE, R.: Kongressbericht, 72. Tagung der Deutschen Gesellschaft für Chirurgie
43. FONTAINE, R.: La Presse Médicale, Paris, 23. juin, 1954
44. FONTAINE, R.: J. internat. Chir. 2: 559-608, 1937
45. FRANCHEBOIS, P.: Ann. Chir. 31: 682, 1955
46. FREEMAN, N.E. u.a.: Ann. Surg. 130: 398-416, 1949

47. GARRAUD, R.: Paris méd. 114-120, 1937
48. GASPER, M. R., SECREST, P. G.:
A. M. A. Arch. Surg. 75: 193, 1957
49. GAYLIST, L.: Brit. Med. J. 5002: 1141, 1956
50. GOTTLÖB, R., BAYER, O.:
Chirurg 25: 346, 1954
51. GOTTLÖB, R.: "Angiographie und Klinik" Wiener Beiträge zur
Chirurgie Bd. XII
52. GOTTLÖB, R. u. a.: Vortrag in der Ges. f. Chir. Wien, 1956
53. GREGG, D.: Lancet 6987: 191, 1957
54. GROSS, D.: Med. Klinik 53/24: 1062-1068, 1958
55. GROSSMANN, L. A., KIRTLEY, J. A.:
J. Amer. Med. Assoc. 166: 1035, 1958
56. HANSEN, K.: "Lehrbuch für Innere Medizin" Herausgegeben von
H. Dennig, Georg Thieme Verlag Stuttgart 1957,
4. Auflage, Bd. 2
57. HERION, W.: Chirurg 27: 301-303, 1956
58. HODGES, Th. O.: American Practitioner and Digest of Treatment,
8: 1059-1065, 1956
59. HOL, R., SKJERVEN, V.: Acta radiol. 42: 276, 1954
60. INCZE, F., CSERNOHORSZKY, V.:
Der Therapeutische Fortschritt, 48, 5: 132-135,
1959
61. JOSSELSOHN, A. J., KAPLAN, J. H.:
J. Urol. Balt. 72: 256-260, 1954
62. JOYEUX:
zit. nach Crawford u. a.
63. JULIAN, O. C., DYE, W. S.:
Surg. Clin. North America 35: 275, 1955
64. KLEINSASSER, L. J.: Surgery 22: 930, 1947
65. KLINGENBERG, P. H.: A. M. A. Arch. Surg. 76: 54, 1958
66. KÖLLING, H. -L. u. a.: Vortrag, Röntg. Tg. Leipzig, April 1959
67. KREMER, K.: "Chirurgie der Arterien", Georg Thieme Verlag,
Stuttgart

68. KROETZ, Ch.: J. internat. Chir. 2: 635-654, 1937
69. KUNLIN, J. u. a.: Rev. chir. Paris, 69: 286, 1950
70. LAMBRET, O.: Bull. Soc. nat. Chir. Paris 61: 173-175, 1935
71. LARSSON, H.; PALMLÖÖ, A.:
Acta radiol. 38, 111, 1952
72. LEMCKE, W.: Fortschr. Röntgenstr. 82, 4: 504, 1955
73. LECLERC, G.: Bull. Soc. nat. Chir. Paris 61: 180-183, 1935
74. LERICHE, R.: Bull. Soc. nat. Chir. Paris 61: 175-180, 1935
75. LERICHE, R., MOREL: Ann. Surg. 127: 193-206, 1948
76. LERICHE, R. u. a.: Surg. Gyn. Obstetr. 94: 83-90, 1952
77. LILLY: zit. nach Crawford u. a.
78. LINDGREN, E.: Acta radiol. 39: 205-218, 1953
79. LOOSE, K. E.: Langenbeck's Archiv f. Klinische Chirurgie, 282, Kongressbericht 1955
80. LOOSE, K. E.: Chirurg 21: 666, 1950
81. MATHIEU, P.: Bull. Soc. nat. Chir. Paris 61: 38-39, 1935
82. MC AFEE, J. G.: Radiology 68: 825, 1957
83. MC AFEE, J. G., WILLSON, J. K.:
Amer. J. Roentg. 75: 956-970, 1956
84. MC CORMACK, J. G.: J. Amer. Med. Assoc. 161: 860-862, 1956
85. MELLICK, W. F., VITT, A. E.:
J. Urol. Balt. 60: 321-334, 1948
86. MENENDEZ, Ch. V., LINTON, R. R.:
Surgery 40: 718-736, 1956
87. MILLER, G. u. a.: Surgery 35: 885, 1954
88. MÖCKEL: zit. nach Oellssner
89. MONOD, u. a.: Bull. Soc. nat. Chir. Paris, 61: 183-187, 1935
90. MORINO, F. u. a.: Chirurg 28: 152, 1957
91. MÜLLER, O.: zit. nach Hansen
92. NIEDERER, W.: Der Anaesthetist, Bd. 7, 2: 50-53, 1958

93. ÖDMAN, P.: Acta radiol. Suppl. 159, 6: 618, 1958
94. OELSSNER, W.: Zbl. Chir. 83: 381, 1958
95. OELSSNER, W.: Dtsch. Gesdws. 11, 41: 1373, 1956
96. PÄSSLER, H. W.: Zbl. Chir. 356: 83, 1958
97. PEIRCE, E. C.: Surg. Gyn. Obstetr. 93: 56, 1951
98. REAGEN, G. W., CAROLLI, G.:
J. Urol. Balt. 66: 467, 1951
99. RICHTER, W.: Münch. Med. Wschr. 99: 996, 1957
100. ROBINSON, A. S.: A. M. A. Arch. Surg. 72: 290, 1956
101. ROBY, H. R., MC KAY, J. W.:
J. Canad. Ass. Radiol. VII, 1, 1956
102. ROY, A. D.: Lancet, 6: 16, 1957
103. SAUTA: zit. nach Schulze-Bergmann
104. SAMUEL, E., DENNY, M.:
A. M. A. Arch. Surg. 76: 542, 1958
105. SCHIEFER, W., STEINMANN, H. W.:
Zbl. Neurochir. 18, 4: 173, 1958
106. SCHRADER, E. A.: Fortschr. Röntgenstr. 83: 476-489, 1955
107. SCHRADER, E. A.: Ärztl. Wschr. 10, 9: 197, 1955
108. SCHRADER, E. A.: Die Medizinische 9: 317, 1955
109. SCHULZE-BERGMANN, G.:
Z. Urol. 46, 7: 432, 1953
110. SÈNEQUES, J., BENOIT: Bull. Soc. nat. Chir. Paris 61: 16-18, 1935
111. SMITH, P. G. u. a.: J. Urol. Balt. 65: 911-921, 1951
112. SOMMER, F.; SCHÖLZEL, P.:
Fortschr. Röntgenstr. 86: 609, 1957
113. STOKES, J. M., BUTCHER, H. R.:
A. M. A. Arch. Surg. 75: 770-775, 1957
114. TARAZI, A. K. u. a.: A. M. A. Arch. Surg. 72: 38-47, 1956
115. TRIPPEL, O. u. a.: Surgery 41: 153, 1957
116. VÖLPEL, H. W.: Verh. Dtsch. Ges. Krslfforsch. 17. Tg. 1951

117. VOIGT, R.: Dissertation Kiel 1958
118. WAGNER, F. B. jr.: J. Amer. Med. Assoc. 125: 958, 1944
119. WAGNER, F. B. jr., PRICE, A. H.:
 Surgery 27: 621, 1950
120. WEIS, J.: Fortschr. Röntgenstr. 75: 145, 1951
121. WERTHEIMER, P.: Lyon chir. 53: 428, 1957
122. WERTHEIMER, P., FRIEH: Bull. Soc. nat. Chir. Paris 61: 361-363, 1935
123. WICKBOM, J.: Acta radiol. 38: 350-354, 1952
124. WICKBOM, J., BARTLEY, O.:
 Acta radiol. 47: 433, 1957
125. ZINNER, G., GOTTLOB, R.:
 Fortschr. Röntgenstr. 91, 4: 507-511

Die Sektionsprotokolle wurden mit Genehmigung von Herrn Prof. Dr. med.
W. Büngeler, Direktor des Pathologischen Instituts der Universität München ver-
wendet.

L E B E N S L A U F

Am 28. Mai 1935 wurde ich als erstes Kind des Bergwerksdirektors Dipl. - Ing. Erich Blass und seiner Ehefrau Elfriede, geb. Schrieber, in Herne/Westfalen geboren. Ich bin evangelisch getauft. Im Herbst 1941 kam ich in die Volksschule, die ich bis Ostern 1946 besuchte. Im Frühjahr 1946 legte ich die Aufnahmeprüfung für die Sexta am Mädchengymnasium Bredney in Essen - Bredeney ab, das ich am 3. März 1955 nach bestandener Reifeprüfung verliess. Im Sommersemester 1955 nahm ich das Studium der Medizin an der Ludwig-Maximilians-Universität zu München auf und bestand dort am 25. Oktober 1957 das Physikum. Die drei ersten klinischen Semester studierte ich an der Johannes-Gutenberg-Universität zu Mainz und an der Universität Wien. Im Sommersemester 1959 setzte ich mein klinisches Studium an der Ludwig-Maximilians-Universität zu München fort und schloss dort am 9. Februar 1961 das Studium mit dem Medizinischen Staatsexamen ab.

